Aus dem Institut für
Veterinär-Physiologie, -Biochemie, -Pharmakologie und Toxikologie
- Fachrichtung Biochemie -
des Fachbereiches Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

PROTEINWERTIGKEIT VERSCHIEDENER GERSTENSORTEN UND -STÄMME

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung
des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Klaus Jochen Nebendahl
Tierarzt aus Kiel

Berlin 1975
Journal-Nr. 855

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41533913_0044

Aus dem Institut für
Veterinär-Physiologie, -Biochemie, -Pharmakologie und Toxikologie
- Fachrichtung Biochemie -
des Fachbereiches Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

PROTEINWERTIGKEIT VERSCHIEDENER GERSTENSORTEN UND -STÄMME

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung
des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Klaus Jochen Nebendahl
Tierarzt aus Kiel

Berlin 1975
Journal-Nr. 855

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin.

Vorsitzender : Prof. Dr. H. Loppnow
Referent : Prof. Dr. Dr. K. Drepper
Korreferent : Prof.Dr.K.Bronsch

Tag der Promotion : 4.3.1975

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	2
B. Literaturübersicht	4
a - 1) Eiweiß	4
a - 2) Aminosäuren	5
a - 3) Eiweißbewertung	7
1. direkte (biologische)Wertbestimmung	9
2. indirekte (chemische) Wertbestimmung	9
a - 4) EAA-Index	10
b - 1) Gerste	12
b - 2) Eiweiß des Gerstenkorns	15
b - 3) Aminosäurenmuster des Gerstenkorneiweißes	21
c - 1) Beeinflussung des Gersteneiweißes	21
c - 2) Einfluß der Stickstoffdüngung	22
a. Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Entwicklung der Pflanze	22
b. Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Rohproteingehalt des Gerstenkorns	23
c. Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Eiweißfraktionen im Gerstenkorn	25
d. Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Aminosäurenkonzentration im Gerstenkorn	26
c - 3) Einfluß der Sorten	31
C. Material und Methoden	34
a - 1) Material	34
a - 2) Methoden	34
a - 3) Berechnung des EAA-Index	37
a - 4) Statistische und mathematische Sicherung der Ergebnisse	37
D. Ergebnisse	39
a - 1) Sortenvergleich	39
a - 2) Sortendüngungsvergleich	40
E. Diskussion	43
F. Zusammenfassung	52
G. Literaturverzeichnis	57
H. Tabellen	65

A. Einleitung

Entsprechend den beiden Hauptnutzungsrichtungen der Gerste - die Verwendung als Brau- bzw. Futtergerste - werden unterschiedliche Qualitätsansprüche, welche sich z.T. diametral entgegensetzt verhalten, an dieses Material gestellt.
Die Gerstenzüchtung wurde lange Zeit fast ausschließlich von der recht konservativen Forderung der Brauindustrie geleitet, obgleich in Deutschland ein wesentlicher Anteil der Gerstenproduktion - bis zu 60 % - für Fütterungszwecke verwandt wird, und zwar vor allem für die Ernährung von Schweinen und Geflügel.
Auf Grund der weltweiten Eiweiß-Verknappung ist es heute wirtschaftlich nicht mehr zu vertreten, hauptsächlich Braugerste anzubauen und, falls diese aus irgendeinem Grunde nicht als Braugerste verarbeitet wird, sie als Futtergerste zu benutzen. Deshalb ist es in Zukunft noch mehr als bisher notwendig, spezielle Futtergerste zu züchten, anzubauen und diese ausschließlich für Futterzwecke zu verwenden. Es muß sich also eine klare Trennung zwischen Qualitätsbrau- und -futtergerste durchsetzen, denn nur so lassen sich vorhandene Produktionsreserven optimal ausnutzen.
Um ein solches Ziel zu erreichen, ist es notwendig, genaue Kenntnisse über die Nährstoffgehalte der einzelnen Sorten zu haben. Innerhalb der Hauptnährstoffgruppen spielt das Protein eine entscheidende Rolle, ist doch die Erschließung potentieller Eiweißquellen sowohl in der Tierernährung als auch in der Ernährung des Menschen das große Ernährungsproblem unserer Zeit.
Gerste wird zwar vorwiegend in den Rationen als Energielieferant benutzt, jedoch ist auch ihr Rohproteingehalt - im Durchschnitt 8 - 15% -von großer Bedeutung. Obgleich das Gerstenweiß aus ernährungsphysiologischer Sicht nicht vollwertig ist, kann es in Rationen des Nicht-Wiederkäuers doch einen wesentlichen Teil des Eiweißbedarfes decken.

Die vorliegende Arbeit untersucht das gesamte Sortiment der gegenwärtig in der Bundesrepublik Deutschland zugelassenen Sommer- und Wintergerstensorten mit dem Ziel, Angaben über den Eiweißgehalt, das Aminosäuren-Muster und die Eiweißwertigkeit zu erhalten. Aus diesen Daten sollen die vorhandenen Unterschiede deutlich herausgestellt werden.
Die Ergebnisse könnten wichtig sein :

1) für die Pflanzenzüchtung, deren Bestreben dahin geht, Futtergerstensorten mit genetisch bedingtem hohen Proteinbildungsvermögen bzw. mit hoher Proteinqualität zu schaffen. Dies wird u.a. dadurch versucht, daß die Gene für hohen Lysingehalt in adaptierte Sorten eingelagert werden. Diese Arbeiten könnten um so rascher zum Erfolg führen, je genauer die Kenntnis über die Eiweißgehalte und Aminosäurenmuster des Ausgangsmaterials ist, zumal sehr wenig über die Genetik des Rohproteingehaltes bekannt ist und die erblich bedingten Unterschiede meist geringer sind als die modifikativen Schwankungen.
2) für die Tierernährung, die Getreide mit hohem Rohproteingehalt und hoher Proteinwertigkeit dazu benutzen könnte, ohne Leistungsverluste tierisches Eiweiß bzw. - auf Grund der Versorgung mit diesem hochwertigen Protein - im erheblichen Umfang Gesamteiweiß einzusparen.

Die Untersuchung ist bewußt auf die Aminosäuren-Zusammensetzung des gesamten Gersteneiweißes ausgerichtet, denn ein Proteinmangel ist doch letztlich ein Problem der Bereitstellung von Aminosäuren. Ein besonderes Augenmerk wird auf die essentiellen Aminosäuren Lysin und Methionin gelegt. Hier sollen vorhandene Unterschiede deutlich gemacht werden.
Es werden insbesondere die Genotypenreaktionen auf unterschiedliche Stickstoffernährung der Gerste erörtert. Es wären dann eventuell Aussagen über das genotypische Aneignungs- und Umsetzungsvermögen für Stickstoff möglich.

B. Literaturübersicht

a - 1) Eiweiß

Eiweiße sind die wichtigsten Substanzen im organischen Leben. Als Bestandteil des Protoplasmas kommen sie in allen Zellen vor. Es sind z.T. physiologisch hochaktive Wirkstoffe. Jeder Zelltyp besitzt sein arteigenes Protein. Im tierischen Organismus sind Eiweiße die wesentlichen Bestandteile und überragen alle anderen festen Substanzen an Menge bei weitem, im Gegensatz zur Pflanze, deren wesentlichste Bausteine die Kohlenhydrate sind. Doch nur die Pflanze ist in der Lage, aus einfachen organischen Verbindungen alle Proteinbausteine - die Aminosäuren - und daraus folgend Eiweiß zu synthetisieren. Das nicht herbivore Tier ist darauf angewiesen, bestimmte essentielle Aminosäuren mit der Nahrung aufzunehmen. Während sich z.B. für energetische Zwecke im Stoffwechsel die verschiedenen Nährstoffgruppen gegenseitig vertreten können, liegt die Besonderheit des intermediären tierischen Eiweiß-Stoffwechsels darin, daß Eiweiß nur aufgebaut werden kann, wenn die zur Synthese jeweils notwendigen Bausteine - also auch bestimmte essentielle Aminosäuren - in bestimmter Menge vorhanden sind.

Eiweiß kommt in der Natur kaum in reiner Form, sondern überwiegend vergesellschaftet mit nichteiweißartigen Substanzen vor (WALDSCHMIDT-LEITZ,1958b). Jedes einzelne Eiweiß hat eine charakteristische hereditäre Aminosäurensequenz. Diese ist letztlich verantwortlich für charakteristische chemische und physikalische Eigenschaften, bestimmte physiologische Wirkungen und - in ernährungsphysiologischer Sicht - für die biologische Wertigkeit.

Die Proteine können entsprechend ihrer Herkunft eingeteilt werden. Pflanzliche Eiweiße werden i. d.R. als nicht vollwertig für ernährungsphysiologische Zwecke angesehen. Dies ist jedoch zu bezweifeln. Es gibt weder das tierische noch

das pflanzliche Protein schlechthin, sondern nur eine Vielzahl von unterschiedlichen Eiweißstoffen (SCHUPHAN, 1965). Es gibt auch keine prinzipiellen Unterschiede. Alle Proteine enthalten die gleichen Aminosäuren. Jedoch bestehen zwischen den einzelnen Eiweißarten gewisse quantitative Verteilungsunterschiede hinsichtlich der Aminosäuren.
Da die pflanzlichen Proteine offenbar ganz andere biologische Aufgaben zu erfüllen haben als die des Tieres (KÜHNAU, 1956), ist es nicht verwunderlich, daß sie auch ganz unterschiedliche Aminosäurenmuster besitzen. So sind alle Getreideeiweiße durch ein gegenüber tierischen Eiweißen andersartiges Aminosäurenmuster - vor allem durch einen relativen Lysinmangel - gekennzeichnet. Dies ist einer der Gründe, daß fast generell gesagt werden kann, daß diese Proteine nicht in der Lage sind, die qualitativen Ansprüche, die der tierische Organismus an die chemische Zusammensetzung seiner Nahrungsbestandteile stellt, zu befriedigen (VÖLKER,1960a). Entsprechend der dem Bedarf des Tieres besser angepaßten Aminosäurengehalte - es hat meist einen verhältnismäßig höheren Gehalt an essentiellen Aminosäuren und geringere Gehalte an nicht essentiellen (MUNCK,1964b) -hat das Nahrungseiweiß tierischer Herkunft überwiegend eine höhere biologische Wertigkeit als pflanzliches. Je weniger das Aminosäurenmuster des Nahrungseiweißes dem Bedarf des tierischen Organismus entspricht (z.B. geringe biologische Wertigkeit der meisten pflanzlichen Eiweiße), desto mehr Nahrungsstickstoff wird ungenutzt über den Harn ausgeschieden. Diese Tatsache erklärt das weltweite Bestreben, die Aminosäurenmuster der pflanzlichen Eiweiße aufzuwerten.

a - 2) Aminosäuren

Sie können entsprechend ihrer chemischen Konstitution, aber auch entsprechend ihrer Fähigkeit, den Bedarf des tierischen Organismus zu decken, eingeteilt werden. Aus ernährungsphysiologischer Sicht ist nur die Einteilung in essentielle,

semiessentielle und nichtessentielle Aminosäuren wichtig. Essentielle = exogene Aminosäuren müssen dem Körper lebensnotwendig mit der Nahrung zugeführt werden, da er die Fähigkeit der eigenen Synthese nicht besitzt, bzw. bei den semiessentiellen Aminosäuren die Syntheserate nicht den aktuellen Bedarf zu decken vermag (ROSE, 1938), während nichtessentielle Aminosäuren im Körper aus anderen Bausteinen gebildet werden können.

Die Bedeutung der Aminosäuren erschöpft sich jedoch nicht darin, Proteinbausteine zu sein. Sie können im Stoffwechsel in mannigfaltiger Weise genutzt werden. Sie werden z.B. auch abgebaut und ihr Kohlenstoffgerüst dient dann der Energiegewinnung.

Regelmäßig kommen in den Proteinen 20 verschiedene Aminosäuren als primäre Bausteine vor, jedoch sind die Mengenverhältnisse recht unterschiedlich.

Entsprechend ihrer Aminosäuren-Zusammensetzung weichen die verschiedenen Nahrungsproteine mehr oder weniger von der - im ernährungsphysiologischen Sinn - idealen Aminosäurenkombination ab. Diese Abweichungen bedingen die unterschiedlichen biologischen Wertigkeiten, führt doch ein Mangel bzw. Fehlen einer oder mehrerer essentieller Aminosäuren zu einer verminderten Proteinsynthese und/oder zu speziellen Ausfallserscheinungen, welche zur Folge haben, daß auch die anwesenden Aminosäuren nur z.T. verwendet werden können und in andere Stoffwechselvorgänge eingeschleust werden müssen (KIRCHGESSNER, 1970).

Der im Vergleich zum Bedarfsmuster vorliegende Mangel an einer essentiellen Aminosäure im Nahrungsprotein begrenzt also den Wert des gesamten Eiweißes der Ration. Es gibt andererseits aber keinen Anhaltspunkt dafür (MUNCK, 1964a), daß diese limitierende Aminosäure schlechter ausgenutzt wird als bei bedarfsdeckender Zufuhr.

Aus den erwähnten Gründen besteht die Forderung nach entsprechend dem Bedarf ausreichenden Gehalten und nach aufeinander gut abgestimmten Mengenverhältnissen an Aminosäuren im Nahrungsprotein.

Die biologische Wertigkeit des Nahrungsproteins, auch der Gerste, wird überwiegend durch die Gehalte an Lysin und Methionin limitiert. Von diesen beiden Aminosäuren kann generell gesagt werden, daß sie diejenigen sind, die dem Weltaminosäurenbedarf am wenigsten gerecht werden (WHITE-STEVENS, 1966).
Deshalb müssen nach JOHNSON (1970) die Verbesserungen der ernährungsphysiologischen Qualität des Getreideeiweißes mit dem Lysin beginnen. Dieser Schritt erscheint auch möglich, fand doch HAGBERG (1969) den "Hily-Charakter" der Gerste, welcher als rezessiver Faktor relativ einfach genetisch fixiert ist und welcher auch nicht unbedingt mit hohem Rohproteingehalt gekoppelt sein muß, jedoch stets einen hohen Lysingehalt erbringt.

a - 3) Eiweißbewertung

Das Eiweiß der Gesamtnahrung oder einer Nahrungskomponente stellt stets ein Gemisch von unterschiedlichen Eiweißarten bzw. -fraktionen dar, deren gegenseitige Anteilsverhältnisse den ernährungsphysiologischen Wert des Gesamtproteins beeinflussen. Dementsprechend sagt ein hoher Rohproteingehalt weder etwas über die Eiweißqualität aus, noch kann er allein ein ausreichender Bewertungsmaßstab für das Nahrungsprotein sein, zumal auch bei manchen Gerstensorten der niedrige Eiweißgehalt die Folge eines Verdünnungseffektes durch hohen Spelzengehalt ist (ULONSKA, 1971).
Die Beurteilung von Eiweißen in ernährungsphysiologischer Sicht stellt ein schwieriges und komplexes Problem dar. Der Wert wird bestimmt durch die Aminosäurenzusammensetzung und -verfügbarkeit. Entsprechen die Konzentrationen der verfügbaren Aminosäuren im Nahrungseiweiß dem Bedarf des tierischen Organismus und wird diesem eine ausreichende Menge zugeführt, so ist eine vollwertige Ernährung mit stickstoffhaltigen Komponenten gewährleistet.

Wenn es bis heute in der Tierernährung trotz zahlreicher Eiweißbewertungsmethoden noch keinen allgemeingültigen Maßstab gibt, so sind die vorhandenen Bewertungsmaßstäbe dennoch zu einem wichtigen Faktor geworden .

Die Proteinwertigkeit des Nahrungsproteins ist direkt abhängig von dem Aminosäurengehalt und der Art der Aminosäurenzusammensetzung des Eiweißgemisches (EGGUM, 1969), unter der Voraussetzung einer vollständigen Hydrolyse zu freien Aminosäuren im Verdauungstrakt und deren vollständiger Resorption. Die Proteinwertigkeit wird dann vor allem begrenzt durch den relativen Anteil an essentiellen Aminosäuren (MITSCHELL, 1946) und ist dementsprechend in erster Linie ein Ausdruck für die essentiellen Aminosäurengehalte (SCHUPHAN, 1971).

Die Frage der Bewertung von Proteinen wird dadurch erschwert, daß die Bedarfszahlen an den einzelnen Aminosäuren für eine Tierart in Abhängigkeit vom Alter, Geschlecht, der Leistung usw. nur ungenau bekannt sind. Aber auch über die Aminosäurenzusammensetzung sowie die Verfügbarkeit der einzelnen Aminosäuren sind die Kenntnisse nicht ausreichend. Nur die resorbierten Aminosäuren gelangen in den sogenannten "Aminosäuren-Pool" und werden selektiv im Intermediärstoffwechsel verwertet. Der Verwertungsgrad ist abhängig vom aktuellen Bedarf und dem Zeitpunkt des Angebotes der betreffenden Aminosäure. Nach EGGUM (1969) verbleibt stets ein Rest, welcher nicht zur Eiweißsynthese herangezogen wird. Deshalb geht das Bestreben in der Fütterung dahin, diesen Rest so klein wie möglich zu halten, bzw. zu beseitigen.

In der Tierernährung werden für die Qualitätsbeurteilung des Nahrungseiweißes eine ganze Reihe unterschiedlicher Wege beschritten, jedoch haben im wesentlichen nur zwei Methodengruppen grundsätzliche Bedeutung erlangt. Jede einzelne Methode hat gewisse Vor- und Nachteile (THIER, 1964), dementsprechend werden häufig mehrere Verfahren gleichzeitig benutzt, denn nur so lassen sich maximal mögliche Erkenntisse gewinnen.

1) Direkte (biologische) Wertbestimmung :
Die Eiweißbewertung erfolgt über den Stoffwechselversuch am Tier. Sie ist damit sowohl direkt abhängig von dem aktuellen Bedarf des Tieres, von der Zusammensetzung der Gesamtration, von der Verdaulichkeit des Nahrungseiweißes und von der Resorptionsrate der Eiweißbausteine. Sie besitzt den Vorzug des direkten Kontaktes von biologischer Meßgröße und Untersuchungsmaterial, hat jedoch den Nachteil, daß die Variabilität des Tiermaterials (sind doch z.B. nach MORRISON (1960) Geschlechtsunterschiede schon entscheidend), die Höhe des Eiweißgehaltes, die Einflüsse der stickstoffreien Nahrungsbestandteile, die Versuchsdauer usw. die Ergebnisse beeinflussen.
Dementsprechend muß jeder Tierversuch standardisiert werden, d.h. die Versuchsanstellung muß eine statistische Sicherung der Ergebnisse zulassen (DREPPER,1957b). Der Nachteil dieser Methode besteht trotzdem noch weiterhin, es ist der kausale Erkenntnismangel infolge unzureichender analytischer Bezugsgrößen.

2) Indirekte (chemische) Wertbestimmung :
Dies ist ein theoretischer Eiweißwert. Er beruht im wesentlichen auf einer Bausteinanalyse. Die Gehalte an den einzelnen Aminosäuren werden mit den "Bedarfszahlen" des Tieres oder einem hochwertigen Eiweiß verglichen. Diese Abstraktion berücksichtigt damit nicht die Beeinflussung der Proteinverwertung durch Faktoren wie Verdaulichkeit, eventuell vorhandene Inhibitoren usw., die letzlich in der Verwertbarkeit der analytisch gefundenen Aminosäuren ihren Niederschlag finden.
Diese Methode ermöglicht aber die Erkennung von Mangelursachen (DREPPER,1957b), läßt Rückschlüsse über die Ursache der unterschiedlichen Wertigkeiten - nämlich die Verschiedenheit der Gehalte an essentiellen Aminosäuren - zu (NEHRING, 1954), bzw. ermöglicht eine schnelle Orientierung über die wahrscheinliche Wertigkeit der in Frage kommenden Proteine (NEHRING, 1952).

Es ist zwar zu vermuten, daß die Menge an Aminosäuren, welche dem Organismus zur Synthese zur Verfügung steht, eine Funktion der Konzentration dieser Säuren in der Nahrung ist (EGGUM, 1969), dennoch läßt die Bausteinanalyse keine Aussagen über die dem Tier tatsächlich zur Verfügung stehenden Aminosäuren zu, und es ist auch im wesentlichen nicht bekannt, in welchem Ausmaß sich die einzelnen Aminosäuren in ihren Reaktionen zueinander verschieben müssen, um gesicherte Effekte z.B. auf die Stickstoffbilanz, Wachstum usw. hervorzubringen (THIER, 1967). Deshalb kann eine endgültige Absicherung derartiger Bewertungen eines Futtermittelproteins nur über den biologischen Versuch gefällt werden. Trotzdem bleibt die indirekte Methode eine nützliche Ergänzung der direkten, vor allem, wenn es sich darum handelt, Aussagen über Art und Größe des Aminosäurendefizites zu machen.

a - 4) Der EAA-Index (Essential-Amino-Acid-Index)

Der EAA-Index nach OSER (1951) ist das geometrische Mittel der essentiellen Aminosäuren im Verhältnis zu einem Standardprotein - meist Volleiprotein. Er berücksichtigt also vor allem die große Bedeutung der Gehalte an exogenen Aminosäuren für die Ernährung.
Die gegen diesen Bewertungsmaßstab erhobenen Bedenken sollen jedoch kurz erwähnt werden. Es sind im wesentlichen folgende Tatsachen, die Einwände gegen diesen Index provozieren :

1) ca. 1/3 der Aminosäurenkonzentration sollte aus nichtessentiellen Aminosäuren bestehen, auch dann, wenn das Muster der essentiellen Aminosäuren ausgeglichen ist. Diese nichtessentiellen Bausteine müssen dem Organismus für allgemeine Zwecke des Stickstoffhaushaltes zur Verfügung stehen (FROST, 1959).

2) Ein extremer Überschuß einzelner Aminosäuren - sowohl an nichtessentiellen wie an essentiellen (auch als Aminosäurenimbalanz bezeichnet) - ist weder allein Ballast noch

Nutzstoff, sondern er beeinflußt die Verwertung der den Bedarf deckenden Aminosäuren (BRUNE, 1963). LANG (1961) erklärt dies folgendermaßen : a) es kann beim Zelleintritt zur Konkurrenz der einzelnen Aminosäuren kommen,

b) es kann zu einer zu starken Beanspruchung der Fermentkapazität oder zu einer Hemmung derselben beim Überschuß an einzelnen Aminosäuren kommen,

c) es können ein Aminosäuren-Antagonismus und/oder andere Erscheinungen bestehen.

3) Es bestehen zwischen den einzelnen Eiweißarten Unterschiede hinsichtlich der Verdaulichkeit, Verfügbarkeit der Aminosäuren usw.

4) Volleiprotein ist optimal für den wachsenden Vogelembryo, nicht jedoch für jede Tierart in entsprechenden Leistungsstufen usw. Jedoch wird hier das Eiprotein nur als konstantes Maß für die Veränderung des zu untersuchenden Eiweißes herangezogen, d.h. es ist nur der konstante Maßstab zur mathematischen Ableitung (BRUNE, 1968). Diese Aufgabe erfüllt im Grunde jedes ernährungsphysiologisch vollwertige Bezugsprotein.

Andererseits wird jedoch immer wieder die gute Übereinstimmung des EAA-Index mit der biologischen Wertigkeit hervorgehoben (z.B. OSER, 1951 ; MUNCK, 1964a usw.), z.T. wird sogar die Ansicht vertreten, daß infolge der Schwierigkeiten der Tierversuche das Ergebnis der chemischen Untersuchung eher zuverlässig ist als die biologische Wertbestimmung (MITCHELL, 1954).

b - 1) Gerste

Die Gerste ist eine unserer alten und züchterisch intensiv bearbeiteten Kulturpflanzen. Entsprechend ihrem physiologischen Verhalten, auf Grund von morphologisch-anatomischen oder botanischen Kriterien bzw. auf Grund ihres Verwendungszweckes lassen sich u.a. folgende Einteilungen aufstellen :

1. Sommergerste : Sie benötigt eine kurze Vegetationsdauer. Sie ist frühreif und besitzt i.a. keine Winterfestigkeit (HOFFMANN, 1959). Für die Sommergerste besteht die Problematik, ob die Brau- oder Futtergerstenerzeugung wirtschaftlich erfolgreicher ist. Es läßt sich nämlich aus den bisherigen Prüfungen nicht eindeutig folgern, daß mit Futtergerstensorten gesichert höhere Erträge erzielt werden können, andererseits muß gesagt werden, daß mit einer auf Futtergersten orientierten Düngung der bei Braugerste erzielbare Ertrag deutlich übertroffen werden kann (ULONSKA, 1968).

2. Wintergerste : Die vorhandenen Sorten besitzen ausreichende bis gute Winterfestigkeit. Es bleibt jedoch stets die Gefahr von Auswinterungsverlusten. Sie benötigt eine lange Vegetationsphase. Die vielzeiligen Formen werden ausschließlich als Futtergerste genutzt (SCHMIDT, 1958). Sie zeigt gegenüber den Sommergersten eine starke ertragliche Überlegenheit (ULONSKA, 1971). Dies bestätigt auch AUFHAMMER (1952), jedoch ist sie nach Angaben dieses Autors i.a. eiweißärmer als Sommergerste. In Bezug auf den Rohproteingehalt vertritt JAHN-DESSBACH (1967) eine entgegengesetzte Meinung, da sie auf zusätzliche Stickstoffdüngung gut anspricht. ULONSKA (1968) stellte bei den 2-zeiligen Wintergerstensorten gegenüber den 4-zeiligen Sorten eine Neigung zu höherem Eiweißgehalt fest.

3. Braugerste : Sie muß bestimmten Forderungen der Brauindustrie entsprechen. So ist z.B. das Eiweiß : Stärke-Verhältnis ein entscheidendes Qualitätskriterium. Der Rohproteingehalt darf eine bestimmte Höhe nicht überschreiten, dementsprechend erfolgt der Anbau nach bestimmten Richtlinien des Braugewerbes (ZOSCHKE, 1973), bzw. es wird gefordert, daß die Sorten eine ausreichende Stickstoff-Toleranz besitzen (JAHN-DESSBACH, 1967). Lange Zeit war eine solche Sorte Hauptzuchtziel in der Gerstenzüchtung, und somit ist - entsprechend den Belangen der Brauindustrie - über Jahrzehnte u.a. auf nicht zu hohen Rohproteingehalt selektiert worden (MUNCK, 1964a).

4. Futtergerste : Sie hat infolge der Minderbewertung gegenüber der Braugerste eine viel geringere züchterische Bearbeitung erfahren (SCHOLZ, 1958). Von züchterischer Seite wurden bis vor einigen Jahren geringere Qualitätsansprüche an sie gestellt. Die Selektion erfolgte im wesentlichen nur auf hohen Flächenertrag und hohen Rohproteingehalt, verbunden mit ausreichender Standfestigkeit (SCHOLZ, 1961). Die mögliche Ertragssteigerung auf Grund von züchterischen Maßnahmen scheint noch nicht voll ausgeschöpft zu sein.
Da Futtergerste als Futter- und auch als Nahrungsmittel verwendet werden soll, bedürfen die Inhaltsstoffe besonderer Beachtung. Futtergerste ist ein ausgesprochener Kohlenhydratträger. Der durchschnittliche Rohproteingehalt beträgt 8 - 15 %. Die Gehalte an essentiellen Aminosäuren im Rohprotein sind ernährungsphysiologisch ungünstig. Das wichtigste Zuchtziel in der Qualitätsfuttergerstenzüchtung ist es, neben einer Rohproteingehaltssteigerung vor allem eine Verbesserung des Aminosäurenmusters zu erreichen. Häufig besteht allerdings eine negative Korrelation zwischen hohem Eiweißgehalt und hoher biologischer Wertigkeit des Gersteneiweißes, d.h. es wird ein Absinken der biologischen Wertigkeit mit steigendem Rohproteingehalt beobachtet (z.B. SCHOLZ, 1958).

Entsprechend dem heutigen Erkenntnisstand muß Qualitätsfuttergerste in der Lage sein, bei hohem Kornertrag und hohem genetisch fixierten Eiweißgehalt - daraus resultiert ein maximaler Rohproteinertrag pro Flächeneinheit - ein qualitativ hochwertiges Eiweiß zu bilden. Dies kann sie nur erreichen, wenn sie während der gesamten Ontogenese größere Stickstoffmengen aufnimmt bzw. diese nach der Aufnahme aus vegetativen Pflanzenteilen in die generativen Organe verlagert. Sie wird zwar auch noch später gegebenen zusätzlichen Stickstoff zur Eiweiß-Synthese im Gerstenkorn heranziehen können, jedoch erfolgt dies mit abnehmender Intensität, weil offenbar der physiologische Grenzwert erreicht wird (ZOSCHKE, 1973).
Eiweißreiche Gerstensorten sind jedoch nur dann wirklich von Bedeutung, wenn unter gleichen Anbau- und Düngungsbedingungen bei möglichst unverändertem Ertrag erhöhte Eiweißgehalte und damit höhere Eiweißflächenerträge gegenüber eiweißärmeren Vergleichssorten geliefert werden (SCHOLZ, 1960).
Häufig wird zwar eine negative Korrelation zwischen Kornertrag und Eiweißgehalt (z.B. POSTEL, 1956) festgestellt. Jedoch gibt es auch andere Ergebnisse. So konnte SCHMIDT (1958) keine Beziehungen zwischen diesen beiden Qualitätskriterien finden, während SCHEIBE (1969) sowohl negative als auch positive Korrelationen bei Wintergerstenmutanten nachwies.
Die zwischen diesen beiden Qualitätsmerkmalen (Kornertrag, Eiweißgehalt) eventuell bestehenden Beziehungen sollten kein entscheidendes Hindernis bei der Züchtung auf hohen Eiweißgehalt bzw. auf hohe Qualität sein, denn es wird keine assimilatorische Mehrleistung verlangt, sondern nur eine Umstellung der Stoffproduktion (SCHOLZ, 1961).
Es wäre auch sehr verwunderlich, wenn bei der Gerste andere Verhältnisse bestehen sollten als bei den anderen Getreidearten. Konnte doch z.B. bei Weizen die genetische Barriere in Bezug auf die Rohproteinzusammensetzung durch-

brochen werden (MIDDLETON, 1954) und bei Mais mit der Entdeckung des Opaque-II-Gens im Jahre 1963, welches die Lysin- und Tryptophangehalte des Endospermeiweißes verdoppelt, das Aminosäurenmuster des Gesamteiweißes des Maises entscheidend durch züchterische Maßnahmen verbessert werden.

b - 2) Eiweiß des Gerstenkorns

Das Eiweiß des Gerstenkorns ist ein Gemisch unterschiedlicher Eiweißstoffe, welche sich auf Grund ihres Verhaltens gegenüber unterschiedlichen Lösungsmitteln, bei der Elektrophorese, bei der Ultrazentrifugierung bzw. auf Grund ihres genetisch fixierten Aminosäurenmusters trennen lassen.
Man kann die Fraktionen des Gesamt-Gersteneiweißes nach unterschiedlichen Gesichtspunkten einteilen :

1. entsprechend ihres Löslichkeitsverhaltens in Albumine, Globuline, Prolamine, Gluteline.
2. entsprechend ihrer Funktion in Reserve - bzw. Konstitutionseiweiß.
3. entsprechend ihrer Lokalisation in Aleuron-, Endosperm- und Embryoneneiweiß.

1. Fraktionseinteilung des Gersteneiweißes entsprechend ihres Löslichkeitsverhaltens :
   Albumine : Der Anteil des Albumins am Gesamteiweiß beträgt durchschnittlich 3-4 %. Es ist im Gerstenkorn ein wesentlicher Bestandteil des Protoplasmas. Da es Enzymcharakter hat, ist ein hoher Albuminanteil sowohl für die Keimung als auch für die ersten Differenzierungsschritte wichtig.

   Der Albuminanteil ist nach SCHEIBE (1968) abhängig vom Genotyp. Er enthält nach WALDSCHMIDT-LEITZ (1961b) als integrierenden Bestandteil Polysaccharide und läßt sich in 7 elektrophoretisch auftrennbare Einzelkomponenten, deren Mengenverhältnisse je nach Sorte große Unterschiede zeigen,

auftrennen. Weder WALDSCHMIDT-LEITZ (1961b) noch SCHÖN (1970) konnten merkliche Einflüsse der Umwelt auf die Komponentenverhältnisse in der Albuminfraktion feststellen.
Das Aminosäurenmuster der Albumine ist insoweit auffallend, als sie nach VÖLKER (1960b) hohe Gehalte an Asparaginsäure und an basischen Aminosäuren haben. Diesen Befund bestätigt hinsichtlich des Lysins EGGUM (1970). WALDSCHMIDT-LEITZ (1961b) fand nur einen sehr geringen Anteil an Cystin. Die Angaben über den Lysingehalt der Albumine schwanken zwischen 4,5 - 7,9 % des Gesamtstickstoffes dieser Fraktion (SCHILLER, 1971 bzw. HARRIS, 1962).

Globuline : Auch diese Eiweißgruppe gehört in die der Protoplasmaproteine. Je nach Genotyp unterscheidet KLEMMEBERGER (1969a) bis zu 7 elektrophoretisch trennbare Fraktionen, deren Verteilungsmuster und Mengenverhältnisse er als genetisch absolut fixiert ansieht. Diese sortenspezifischen Unterschiede fand MUNCK (1964b) auch, jedoch stellte er - wie auch MICHAEL (1960) - fest, daß sich die Mengenverhältnisse dieser salzlöslichen Eiweißfraktion durch unterschiedliche Stickstoff-Gaben geringfügig verändern lassen. Dies läßt sich vielleicht auch durch die unterschiedliche Verteilung der Globulin-Komponenten im Korn erklären : DANIELSON (1949) fand Gamma-Globulin nur im Keimling, Alpha- und Beta-Globulin nur im Endosperm. Nach URION (1952) enthält die Aleuronschicht vorwiegend Alpha- und Beta-Globulin.
Der Gesamtgehalt an Globulinen in % des Gesamtproteins des Gerstenskorns wird mit 10-20 % angegeben.
Das Aminosäurenmuster der Globuline ist ähnlich gut- im ernährungsphysiologischen Sinn - wie das der Albumine, obgleich die Gehalte an den einzelnen Aminosäuren innerhalb der beiden Fraktionen recht unterschiedlich sind (SCHÖN, 1970). Die Angaben über die durchschnittlichen Lysinge-

halte der Globuline schwanken : MICHAEL (1961) gibt ihn mit 3,4, HARRIS (1962) jedoch mit 6,3 % des Gesamtstickstoffes dieser Fraktion an.

Prolamine (Hordein) : Die Unlöslichkeit des Hordeins in Wasser dürfte darauf beruhen, daß das native Hordein einen Komplex bildet, welcher durch Disulfid- bzw. Wasserstoffbrückenbindungen stabilisiert wird. Nachdem diese Bindungen wenigsten z.T. gelöst sind, läßt es sich in Alkoholen lösen. Je nach Extraktionsmittel, z.B. Propanol, Äthanol, lassen sich unterschiedliche Proteinmengen gewinnen. Aus der Benutzung unterschiedlicher Lösungsmittel lassen sich wohl auch die qualitativen Differenzen erklären : WALDSCHMIDT-LEITZ (1958a) fand 5, KLEMME-BERGER (1969b) jedoch 11 elektrophoretisch auftrennbare Fraktionen. Auch die gefundenen Unterschiede hinsichtlich der Reaktionen der einzelnen Komponenten auf Umwelteinflüsse müssen wohl darauf zurückgeführt werden, daß letztlich - in Abhängigkeit vom Lösungsmittel - unterschiedliche Fraktionen untersucht wurden. Nach KLEMME-BERGER (1969b) ist sowohl die Anzahl der elektrophoretisch getrennten Banden und ihre Lage als auch das Komponentenverhältnis zueinander durch Stickstoffgaben nicht zu beeinflussen.
WALDSCHMIDT-LEITZ (1959) konnte nachweisen, daß mit steigendem Eiweißgehalt - hervorgerufen durch Standortunterschiede bzw. unterschiedliche Stickstoffgabe - der Gehalt an Gesamt-Hordein - vor allem die glutaminreichen α + ζ - Komponenten - ansteigen. Vor allem hat der Standort eine überragende Bedeutung (WALDSCHMIDT-LEITZ, 1960). Er fand auch die Komponentenverhältnisse je nach Genotyp recht unterschiedlich.
Die Prolamine haben einen sehr hohen Gehalt an Glutaminsäure (über 50 %) und Prolin, (VÖLKER 1960b, bzw. WALDSCHMIDT-LEITZ 1958b) , während die Gehalte an den wichtigsten essentiellen Aminosäuren-Lysin, Methionin, Threonin, Valin und Histidin - wesentlich geringer sind (HARRIS, 1962). Nach dem

Befund von WALDSCHMIDT-LEITZ (1958a) unterscheiden sich die einzelnen Hordeinkomponenten wesentlich im Aminosäurenmuster. Dies betrifft vor allem die Konzentrationen an Glutaminsäure, Prolin, Lysin, Histidin und Arginin.
Der Gesamtprolamingehalt in % des Gesamteiweißes des Gerstenkorns beträgt ca. 30 - 45 %. Der durchschnittliche Lysingehalt dieser Fraktion beträgt nach Angaben von MICHAEL (1961) 0,8, nach HARRIS (1962) jedoch 2,6 % des Gesamtstickstoffes dieser Fraktion.

Gluteline (Glutenin, Hordenin) : Diese Fraktion läßt sich nur in verdünnten Laugen lösen. Es besteht damit die Gefahr der hydrolytischen Veränderung der Einzelkomponenten. Die Vernetzung der einzelnen Peptidketten durch Disulfid- und Wasserstoffbrückenbindungen bedingt die Unlöslichkeit in Wasser. Die Frage, ob es sich bei der Glutelinfraktion nicht um einen unlöslichen Abkömmling von Eiweiß anderer Fraktionen handelt, wurde von WALDSCHMIDT-LEITZ (1957) endgültig gelöst. Er konnte auch diese Fraktion in elektrophoretisch auftrennbare Komponenten - nämlich 5 - zerlegen. Er fand auch, daß das Aminosäurenmuster dieser Fraktion sich deutlich von den anderen Fraktionen unterscheidet, während innerhalb der Komponenten kein wesentlicher Unterschied festzustellen war (WALDSCHMIDT-LEITZ 1961a). Der Anteil der Gluteline beträgt durchschnittlich 35 - 45% des Gesamtproteins des Gerstenkorns. Er ist nach MUNCK (1964a) auch bei unterschiedlichen Gesamteiweiß-Gehalten relativ konstant. NEHRING (1965) stellte bei einem Rohproteinanstieg von 8,38 % auf 21,36 % einen Anstieg des Glutelins von 26 % auf 33 % des Gesamtproteins fest. MICHAEL (1960) erhielt einen Anstieg der Glutelinfraktion bei gleichzeitig sehr starkem Anstieg der Prolaminfraktion mit steigendem Eiweißgehalt auf Grund von Stickstoffdüngung. Wenn jedoch der Stickstoff vor der Saat gegeben wurde, blieb der Prolaminanteil niedriger als der des Glutelins.

Hinsichtlich des Aminosäurenmusters nehmen die Gluteline innerhalb der Gerstenkorneiweißfraktionen eine Sonderstellung ein. Die ernährungsphysiologische Wertigkeit dieser Fraktion liegt zwischen derjenigen der Konstitutionseiweiße und derjenigen des Prolamins. MICHAEL (1961) betonte die 3-4-fach höheren Gehalte an Lysin im Vergleich zum Prolamin, während ZOSCHKE (1970) die Gehalte an Methionin und Valin als recht beachtlich ansieht. Die durchschnittlichen Lysingehalte der Glutelinfraktion werden recht unterschiedlich angegeben (SCHILLER, 1971 : 0,5 %; HARRIS, 1962 : 4,8 % des Gesamtstickstoffes dieser Fraktion).

2. Fraktionseinteilung des Gerstenkorneiweißes entsprechend ihrer Funktion :

Reserveeiweiß (Klebereiweiß, Speichereiweiß) : Der wesentliche Anteil dieser Gruppe besteht aus Prolaminen, jedoch enthält sie auch Gluteline und im geringen Maß auch α+ :ß Globuline. Ihr Anteil am Gesamteiweiß des Gerstenkorns beträgt ca. 70 %. Eine Zunahme des Gesamteiweißgehaltes im Gerstenkorn beruht in erster Linie auf qualitativen Veränderungen innerhalb dieser Fraktion (KLEMME-BERGER,1969b), denn eine verstärkte Eiweißsynthese z.B. infolge von höheren Stickstoffangeboten spiegelt sich vor allem in der Erhöhung des Reserveeiweißes wieder. Das Verhältnis Protoplasma- : Reserveeiweiß wird damit zugunsten des letzteren verschoben.

Konstitutionseiweiß (Protoplasmaeiweiß) : Es besteht im wesentlichen aus Albuminen und Globulinen. Obgleich beide Fraktionen ein unterschiedliches Aminosäurenmuster haben, ist jedoch jedes einzelne Muster ausgeglichen, denn sie enthalten beide in ausreichender Menge essentielle Aminosäuren. VÖLKER (1960b) betonte den hohen Gehalt an Asparaginsäure und basischen Aminosäuren in dieser Gruppe.

Da die Albumine und Globuline weitgehend indifferent gegenüber Umwelteinflüssen sind, schloß SCHEIBE (1968), daß es sich bei diesen nicht um Reserveeiweiß handeln kann.

3. Fraktionseinteilung des Gerstenkorneiweißes entsprechend ihrer Lokalisation im Korn :

Aleuroneiweiß : Die Aleuronzellen bilden im Getreide die äußere Zellschicht des Mehlkörpers, müssen jedoch botanisch als ein Teil des Endosperms angesehen werden. Die Aleuronschicht hat die Eigenschaft eines Leitgewebes für den Transport der Reservestoffe vom Endosperm zum keimenden Embryo (ROHRLICH, 1956).
Die Gerste besitzt in der Regel 3 Aleuronzellagen. Diese Schicht macht zwar nur ca. 1/3 des Gesamtkorngewichtes aus, enthält aber über die Hälfte des Gesamtkorneiweißes.
Das Aleuroneiweiß hat Fermentcharakter. Im Aminosäurenmuster unterscheidet es sich von der folgenden Gruppe (Endospermeiweiß) durch seinen hohen Gehalt an Tryptophan (SCHUPHAN, 1956) und nach POSTEL(1957a) durch die hohen Gehalte an Threonin, Histidin, Methionin, Lysin, Tyrosin und Arginin (z.B. 68 % mehr Arginin und 30 % mehr Lysin).

Endospermeiweiß (Mehlkörpereiweiß) : Nach MUNCK (1964a) besteht es im wesentlichen aus Prolaminen. Es hat dementsprechend aus ernährungsphysiologischer Sicht gegenüber dem Aleuroneiweiß ein wesentlich unausgeglicheneres Aminosäurenmuster, bei dem der hohe Phenylalaningehalt auffällt. Es deckt nicht den Bedarf des tierischen Organismus an Lysin, aber auch hinsichtlich des Threonin, Valin und der S-haltigen Aminosäuren können Mängel auftreten (SCHILLER, 1971).
Die Erhöhung des Gesamteiweißgehaltes im Gerstenkorn durch Züchtungsmaßnahmen findet vornehmlich ihren Niederschlag im Mehlkörper. Das Bestreben geht - entsprechend den erwähnten Befunden - dahin, Veränderungen im Endospermeiweiß

zu erreichen. So ist z.B. ein wesentlicher Unterschied bei der "Hyproly"-Gerste die veränderte Aminosäurenzusammensetzung der Prolamine (MUNCK, 1970b).

Embryoneneiweiß : Der Embryo macht nur etwa 4 % des Gesamtgewichtes des Kornes aus, enthält jedoch zwischen 5,4 - 11,5 % des Gesamtproteins bzw. bis zu 20 % des Lysingehaltes. Er hat relativ hohe Gehalte an essentiellen Aminosäuren und das Aminosäurenmuster schwankt wenig (MUNCK,1970a).

b - 3) Aminosäurenmuster des Gerstenkorneiweißes

Gerstenkorneiweiß kann in seiner Zusammensetzung recht unterschiedlich sein, je nach Genotyp, Umwelteinflüssen usw. Das Verhältnis der einzelnen Eiweißfraktionen und damit auch das Gesamtaminosäurenmuster kann qualitativ und quantitativ recht stark differieren.
Das Gesamteiweiß der Gerstenkaryopse besteht nach Angaben von POSTEL (1956) zu 42 % aus exogenen Aminosäuren. Die mengenmäßigen Anteile der einzelnen essentiellen Aminosäuren sind recht unterschiedlich (POSTEL, 1957b).
Die durchschnittlichen Gehalte der einzelnen Aminosäuren am Gesamtgerstenkornprotein sind sehr unterschiedlich : Der Glutaminsäuregehalt liegt bei ca. 30 %, während die Gehalte an Methionin bei 1,4 %, Cystein bei 1,1 % und Tryptophan bei 1,7 % liegen(POSTEL,1957b) . Der hohe Glutaminsäuregehalt weist auf die zentrale Position dieser Säure innerhalb des gesamten Stickstoffwechsels der Pflanze hin. Sie ist in derem intermediären Stoffwechsel das wichtigste Bindeglied zwischen dem Stickstoff- und Kohlenhydratstoffwechsel (VÖLKER, 1960a).

c - 1) Beeinflussung des Gersteneiweißes :

Die Rohproteingehalte und -qualitäten der Gerste unterliegen dem Einfluß verschiedener Faktoren. Sorte, Düngung, Klima- und Anbauverhältnisse sind die wichtigsten Variationsursachen.

Obgleich es schwierig ist, andere Faktoren auszuschalten, sollen in dieser Arbeit von den vielen möglichen Einflüssen im wesentlichen nur zwei berücksichtigt werden, und zwar die Stickstoffernährung der Gerste und das Problem der Genotypenreaktionen.

c - 2) Einfluß der Stickstoffdüngung

a) Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Entwicklung der Pflanze

Die Pflanze besitzt für die Aufnahme von Stickstoffverbindungen kein Mengeneinteilungsvermögen (DREPPER, 1957a). Die Verabreichung von verfügbarem Stickstoff sollte daher wegen seiner großen Bedeutung stets dem aktuellen Bedarf angepaßt sein, denn er beeinflußt sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht, indem durch ihn Ertrag, Eiweißgehalt und -zusammensetzung aber auch Gehalte an sonstigen Inhaltsstoffen verändert werden. Der Pflanzennährstoff Stickstoff aktiviert den Stoffwechsel (ZOSCHKE, 1967) und ist einer der wichtigen Faktoren für die Massenbildung (LIMBERG, 1964). Er hat dementsprechend auch deutliche Wirkung auf die pflanzliche Entwicklung, Differenzierung und das Wachstum.

Die Wirkung der Stickstoffdüngung ist sowohl von der Menge als auch von der Terminierung abhängig. Sie läßt sich aber trotzdem nicht mit Sicherheit vorhersagen (SCHUPHAN, 1965). Die alleinige Veränderung eines einzelnen Faktors ist in der Natur schwierig. Die Ergebnisse entstehen fast immer aus dem Zusammenwirken vieler Einzelfaktoren, welche komplex miteinander verbunden sind.

LIMBERG (1964) stellte die Abhängigkeit der Stickstoffwirkung sowohl vom Entwicklungsstand der Pflanze als auch von den Umweltbedingungen fest, während RAY (1969), der Veränderungen in den frühesten Entwicklungsstadien auf Grund von unterschiedlichen Stickstoffmengen untersuchte, sowohl entwicklungsverzögernde als auch beschleunigende Wirkung beobachtete. Der Ausnutzungsgrad des gegebenen Stickstoffs hängt ganz entschei-

dend von ökologischen Faktoren ab, aber auch von dem Zeitpunkt der Stickstoffgabe. So beträgt der Ausnutzungsgrad nach STURM (1973) bei der Frühjahrstickstoffdüngung 70-80%, bei der Spätdüngung jedoch nur noch 30-45 %. Doch auch unterschiedliche Standorte beeinflussen die Stickstoffwirkung.
Bei keinem Kernnährstoff ist die Gefahr der Überschreitung des Optimums einer physiologischen, ausgewogenen Düngung so groß wie beim Stickstoff (SCHUPHAN, 1960a), kommt es doch bei der Optimumsüberschreitung u.a. zu einer Verschlechterung der Eiweißqualität und zu einer verminderten Standfestigkeit (ZOSCHKE, 1967), aber auch eine Mangellage hat entscheidende Auswirkung auf die pflanzliche Entwicklung.
Neben der Menge an für die Pflanze verfügbarem Stickstoff kommt es ganz entscheidend auf den Zeitpunkt der Verabreichung an, stellt doch LINSER (1963) fest, daß der Bedarf der Pflanze an Stickstoff stets der Substanzbildung zeitlich vorauseilt. Er betonte auch, daß die übliche Form der Stickstoffgabe ungünstig ist, denn die Pflanze wird zu Zeiten geringen Bedarfes einer Überernährung ausgesetzt, während zu Zeiten hohen Bedarfes ein Mangel auftritt. Dementsprechend lassen sich durch spezifische Anbaumaßnahmen, z.B Stickstoffzufuhr stets entsprechend dem Bedarf der Pflanze, wesentlich bessere Ergebnisse erzielen. Zu einem späten Zeitpunkt gegebener Stickstoff wird die vegetative Phase kaum mehr beeinflussen und vorwiegend zur Ausbildung von Reserveeiweiß in der Karyopse genutzt (SCHMIDT, 1958).

b) Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Rohproteingehalt des Gerstenkorns

Umwelteinflüsse bewirken in hohem Maße Veränderungen der Eiweißgehalte der Gerste, besonders stark auch pflanzenbauliche Maßnahmen (SCHOLZ, 1958). Während ZOSCHKE (1973) feststellte, daß geringe Stickstoffmengen - bis zu 40 kg/ha als Grunddüngung - eine Verminderung der Rohproteingehalte im Gerstenkorn zur Folge haben kann, soll Stickstoffdüngung nach

DREPPER (1957a) fast ausnahmslos eine Erhöhung des Rohproteingehaltes im Getreidekorn bewirken. Nach SCHILLER (1970) ist die Stickstoffdüngung der Faktor, der die höchste Rohproteingehaltszunahme hervorruft. ZOSCHKE (1967) stellte fest, daß durch sehr hohe Stickstoffgaben die genetisch bedingten unterschiedlichen Rohproteingehalte der Sorten sich auf einem höheren Niveau weitgehend ausgleichen können.
Früh gegebener Stickstoff führt zu einer guten vegetativen Entwicklung und zu hohen Erträgen, während sich späte zusätzliche Stickstoffgaben vorwiegend auf den Rohproteingehalt des Getreidekorns auswirken (VÖLKER, 1960a). Jedoch erst dann, wenn durch eine bestimmte Stickstoffmenge die physiologische Leistungsfähigkeit der Pflanze erreicht wurde und die Körner normal ausgebildet sind, nimmt der Rohproteingehalt zu (ZOSCHKE, 1967). POSTEL (1956) erkannte, daß Stickstoffgaben nach dem Ähren s chieben in erster Linie der Kornausbildung zugute kommt und damit ein sicheres Mittel zur Eiweißgehaltssteigerung ist. Auch VÖLKER (1960a)betonte, daß Stickstoff nach der Blüte gegeben, den Kornertrag nicht mehr wesentlich erhöht und damit fast ausschließlich für die Eiweißsynthese zur Verfügung steht. Auch SCHMIDT (1958) vertritt die Meinung, daß der Stickstoffbedarf und die Stickstoffassimilation eng mit dem Entwicklungsstand der Pflanze verbunden ist. Er konnte nachweisen, daß spät gegebener Stickstoff eine Beeinflussung der vegetativen Phase vermeidet und dieser vorwiegend zur Reserveeiweißbildung in der Karyopse ausgenutzt wird.

In der Praxis verwendete Stickstoffmengen (bis zu 90 kg N/ha)erhöhen den Rohproteingehalt im Gerstenkorn um etwa 1-2 % (BENGTSSON, 1969). NEHRING (1965) steigerte durch verstärkte zusätzliche Stickstoffgaben den Rohproteingehalt des Gerstenkorns um 30 %, während ZOSCHKE (1973) durch die gleiche Maßnahme diesen bis zu 50 % anhob. VÖLKER(1960a) gelang im Gefäßversuch sogar eine Steigerung um 100 %.

Gegen diese physiologisch induzierten höheren Eiweißmengen im Gerstenkorn werden bisweilen Bedenken erhoben, mit der Begründung, daß eine negative Korrelation zum ernährungsphysiologischen Wert besteht (JAHN-DESSBACH, 1970).
Zwar wurde eine qualitative Verschlechterung des Gerstenkornproteins mit steigenden Stickstoffgaben, z.B. von POSTEL (1957a)und EGGUM (1970) festgestellt, doch stellte BRUNE (1968) nur eine unbedeutende Einbuße der Proteinqualität fest.

c) Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Eiweißfraktionen im Gerstenkorn

Stickstoffdüngung bewirkt eine Zunahme des mit Eiweißfällungsmitteln fällbaren Eiweißes im Gerstenkorn. Es ist somit eine echte Erhöhung des Proteingehaltes eingetreten und nicht nur eine Steigerung der Gehalte an Nicht-Eiweiß-Verbindungen (SCHILLER, 1970). Gleichzeitig kommt es aber auch zu einer Verschiebung des Mengenverhältnisses der einzelnen Eiweißfraktionen.
Die Verschiebung betrifft vor allem das Verhältnis Konstitutions- : Reserveeiweiß mit einem relativen Anstieg des letzteren (SCHEIBE, 1968 ; VÖLKER, 1960b). Der absolute Gehalt an Albuminen und Globulinen nahm zwar zu, jedoch war dieser Anstieg nur zögernd und in geringerem Maß, während die Prolamin- und Glutelinanteile wesentlich stärker angereichert wurden. Nach ZOSCHKE (1973) überwiegt der Prolaminanstieg.
Zu dem gleichen Ergebnis kam auch MICHAEL (1960) und EGGUM (1970). Jedoch verhalten sich entwicklungsphysiologisch beide Reserveeiweiße nicht gleich. Glutelin scheint zeitlich vor dem Prolamin gebildet zu werden. Es ist in den ersten Stadien der Kornausbildung in höherer Konzentration im Korn enthalten als Prolamin (MICHAEL, 1961), während das Prolamin erst spät, dann aber in größerem Umfang und schneller gebildet wird.
Die relativen Gehalte an Albumin und Globulin nehmen ab, während sich das Glutelin uneinheitlich verhält und das Prolamin deutlich ansteigt.

Es kommt aber auch zu einer mengenmäßigen Differenzierung innerhalb der einzelnen Eiweißfraktionen, indem sich die Konzentration der einzelnen Komponenten verändert. Dies wurde z.B. von WALDSCHMIDT-LEITZ (1959) für die Mengenverhältnisse innerhalb der Hordeinfraktion festgestellt, während KLEMMEBERGER (1969 a, b) keine Veränderung- weder hinsichtlich der Anzahl noch der Relationen zwischen den Komponenten des Globulins und des Hordeins - feststellen konnte.
Durch die Veränderung des Globulin-Prolamin-Verhältnisses beeinflußt der Rohproteingehalt die Proteinqualität (THOMKE, 1970). Die relativ stärkere Zunahme des lysinarmen Reserveproteins kann zu dem leichten Absinken der biologischen Wertigkeit des Gesamteiweißes führen, was sich jedoch im Tierversuch nicht sicher nachweisen ließ (JAHN-DESSBACH, 1970).

d) Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Aminosäurenkonzentrationen im Gerstenkorn

Obgleich sich das Aminosäurenmuster der einzelnen Komponenten nicht verändert, kommt es auf Grund ihrer unterschiedlichen Gehalte im Gesamtprotein des Gerstenkorns bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung zur Qualitätsverschiebung (MICHAEL, 1960). Jedoch kann diese Verschiebung in der Gesamtaminosäurenzusammensetzung nicht als spezifische Auswirkung der Stickstoffdüngung angesehen werden, sondern resultiert primär aus der Rohproteinerhöhung (VÖLKER, 1962).
Auch POMERANZ (1973) stellte fest, daß das Aminosäurenmuster des Eiweißes mehr von dem Gesamtrohproteingehalt und weniger von dem Sortenunterschied abhängig ist.
Mit steigenden Rohproteingehalten auf Grund variierter Stickstoffgaben steigen, trotz der Verschlechterung der Aminosäurenzusammensetzung des Gesamtkornproteins, in unterschiedlichem Ausmaß die absoluten Gehalte - % Aminosäuren in der Trockensubstanz - der einzelnen Aminosäuren (THOMKE, 1970), während sich die relativen Gehalte - % Aminosäuren im Rohprotein - ganz unterschiedlich, z.T. fallend, z.T. steigend, verändern (NEHRING, 1956). Nach POSTEL (1956) steigt am stärk-

sten das Phenylalanin, während das Lysin am schwächsten ansteigt. Obgleich die %-Gehalte aller exogenen Aminosäuren auf Grund von Einflüssen ökologischer Art, die eine Erhöhung des Gesamtstickstoffgehaltes bedingen, steigen, ist dieses Eiweiß nach POSTEL (1956) schlechter mit exogenen Aminosäuren ausgestattet. Dies beruht im wesentlichen auf dem überproportionalen Anstieg der Glutaminsäure - nach VÖLKER(1960a) bis zu 50 % - und kann nicht durch den relativ starken Anstieg des Phenylalanins ausgeglichen werden.
Diese Tatsache bestätigt die vorher erwähnten Befunde, daß sich die Mengenverhältnisse der einzelnen Eiweißfraktionen bzw. deren Komponenten mit unterschiedlichen genetisch fixierten Aminosäurenzusammensetzungen verschoben haben. Dies soll an den folgenden Beispielen erläutert werden :
NEHRING (1965) untersuchte die Aminosäurengehalte im Prolamin des Gerstenkorns. Er stellte fest, daß sich trotz unterschiedlicher Anteile (7,6 - 31,9 % vom Gesamteiweiß) das Aminosäurenmuster dieser Fraktion nicht geändert hat.
MICHAEL (1960) fand, daß trotz starker Schwankungen im Prolaminanteil dieser Eiweißtyp stets seine spezifische Zusammensetzung beibehält. Er konnte nachweisen, daß im Prolamin aus verschiedenen Körnern, die sich im Gesamtstickstoffgehalt und damit in der Prolaminkonzentration stark unterschieden, die %-Gehalte an Lysin, Arginin und anderer Aminosäuren gleich waren. VÖLKER(1960b) machte auf die Tatsache aufmerksam, daß wenn sich das Konstitutions- : Reserveeiweiß-Verhältnis zugunsten des letzten verschiebt, das Aminosäurenmuster des Gesamteiweißes einen höheren Gehalt an Glutaminsäure und einen niedrigeren Gehalt an Lysin haben muß. Er konnte dies durch Analysenergebnisse bestätigen.
Die Angaben der einzelnen Autoren über die Veränderungen der Gehalte an den einzelnen Aminosäuren in % des Rohproteins - es wurden überwiegend die essentiellen Aminosäuren untersucht - sind z.T. recht widersprüchlich. Es wurden folgende Angaben - bezogen auf steigende Rohproteingehalte, hervorgerufen durch unterschiedliche Stickstoffgaben - gemacht (Tabelle A und B).

Tabelle A

Veränderungen der Aminosäurengehalte in Gerstenkörnern bei steigendem Rohproteingehalt

+ = steigend - = abnehmend

essentielle Aminosäuren :

	Postel[x] 1957	Völker 1960	Schuphan 1965	McGeown 1967	Thomke 1970	Schiller 1971
Threonin	-	-	-	-	-	
Valin	-	-	-			
Methionin	±					
Isoleucin	±	±			-	
Leucin	±	+			-	
Phenylalanin	+	+			+	
Lysin	-	-	-		-	-
Histidin	-		-			
Tryptophan	kon-stant					

[x] bezogen auf steigende Rohproteingehalte, provoziert durch ökologische Faktoren

Tabelle A (Fortsetzung)

Veränderungen der Aminosäurengehalte in Gerstenkörnern bei steigendem Rohproteingehalt

+ = steigend - = abnehmend

nichtessentielle Aminosäuren :

	Postel 1957	Völker 1960	Schuphan 1965	McGeown 1967	Thomke 1970	Schiller 1971
Asparaginsäure		-		-	-	-
Serin	±					
Glutaminsäure		+		+	+	+
Prolin					+	+
Glycin		-			-	-
Alanin		-			-	-

semiessentielle Aminosäuren :

Cystein	±				-	-
Tyrosin				+	-	
Arginin	-	-	-		-	

Tabelle B

%- Differenzen der Aminosäurengehalte in Gerstenkörnern bei steigendem Rohproteingehalt

essentielle Aminosäuren :

	Threonin	Valin	Methionin	Isoleucin	Leucin	Phenylalanin	Lysin	Histidin	Tryptophan
Thomke 1970				-3 - 4 %	-3-4%		-25%		
Postel 1956		-17%	- 12 %				-23%	- 7%	

nichtessentielle Aminosäuren :

	Asparaginsäure	Serin	Glutaminsäure	Prolin	Glycin	Alanin
Thomke 1970			+ 20 %	+20%	-20%	-20%
Postel 1956						

semiessentielle Aminosäuren :

Cystein	Tyrosin	Arginin
	-3-4%	-17 %
		-12 %

c - 3) Einfluß der Sorten

Die Rohproteingehalte im Gerstenkorn schwanken u.a. auch auf Grund von genotypischen Unterschieden zwischen ca. 7 und 18%. Die Tatsache des genotypisch gesteuerten Eiweißbildungsvermögens der Gerste kann heute als erwiesen gelten (SCHEIBE, 1968). So stellte FISCHBECK (1964) die überraschend hohe Sicherheit, mit der Unterschiede im Rohproteingehalt immer wieder zum Ausdruck kommen, fest. SCHUPHAN (1965) betonte, daß diese genetischen Differenzen im starken Maß von ökologischen Faktoren überdeckt werden können, jedoch erfahren diese dann nur Verschiebungen nach oben oder nach unten. SCHOLZ (1958), der ebenfalls die Abhängigkeit der Eiweißgehalte im Gerstenkorn von den genetischen Konstitutionen der Sorten untersuchte, betonte, daß die bisher festgestellten erblichen Unterschiede meist wesentlich geringer sind als die außerordentlich starken durch Außeneinflüsse bedingten Schwankungen. Er (SCHOLZ, 1960) konnte jedoch mittels experimenteller Mutationsauslösung bei der Sommergerste mehrere morphologisch unveränderte Stämme entwickeln, deren Gesamtstickstoffgehalte deutlich und konstant höher waren. ZOSCHKE (1973) bewies, daß die genotypische Reaktionsweise durch differenzierte Stickstoffapplikation in den verschiedenen Stadien der Ontogenese besonders deutlich zum Ausdruck kommen, indem bei einigen Gerstensorten der verfügbare Stickstoff entweder in größerer Menge aus dem Boden aufgenommen wird oder vollständiger nach der Aufnahme aus den vegetativen Pflanzenteilen in die vegetativen Organe verlagert wird. Er (1967) konnte weiterhin zeigen, daß schon bei geringer Stickstoffdüngung sich das größere Eiweißbildungsvermögen bestimmter Sorten bemerkbar macht.
Diese Unterschiede sollen sich nach Angaben von JAHN-DESSBACH (1970) durch unterschiedliche Stickstoffgaben völlig ausgleichen, während ZOSCHKE (1973) nur eine Annäherung der Differenzen feststellen konnte. Diese Befunde dürften die Ansicht von

FISCHBECK (1964) bestätigen, daß die sortenunterschiedliche Höhe des Rohproteins im Gerstenkorn die sekundäre Folgeerscheinung all derjenigen genetisch gesteuerten physiologischen Prozesse darstellt, welche einerseits die Stickstoffablagerung in den Körnern und andererseits die gleichzeitig erzielte Assimilationsleistung verändern.

Obgleich die Schwankungen im Rohproteingehalt auf Grund von genotypischen Unterschieden schon lange bekannt sind, ist über die Genetik des Eiweißgehaltes - infolge des polygenen Erbmodus - vorerst immer noch recht wenig bekannt (SCHOLZ, 1960). FISCHBECK (1964) z.B. nimmt an, daß folgende Unterschiede bestehen könnten : 1) vermehrte Stickstoffaufnahme einzelner Sorten (z.B. ausgedehnteres Wurzelsystem),

2) vollständigere Verlagerung des Stickstoffes aus den vegetativen Pflanzenteilen,

3) Beeinflussung des %-Rohproteingehaltes durch Korneigenschaften (z.B. Spelzengehalte, Korngröße usw.).

Die Auslese geeigneter Genotypen bleibt infolge des polygenen Erbmodus des Eiweißgehaltes außerordentlich schwierig, zumal die starke Abhängigkeit der Ausbildung der gesuchten Eigenschaften von Umweltbedingungen häufig die genetische Konstitution des Auslesematerials nicht eindeutig erkennen läßt (SCHMIDT, 1958).

Aber die Sortenunterschiede bestehen nicht nur hinsichtlich der Höhe des Gesamtproteingehaltes im Gerstenkorn, sondern auch in bezug auf die Zusammensetzung ihrer Proteinfraktionen bzw. ihrer Komponenten (SCHEIBE, 1968). Die Unterschiede zwischen den Sorten sind hinsichtlich der wasser- und salzlöslichen Fraktionen - es werden im wesentlichen in dieser Gruppe die Konstitutionseiweiße erfaßt - relativ gering, jedoch sind entscheidende Unterschiede hinsichtlich der alkohol- und laugenlöslichen Fraktionen festzustellen. Zwar ist die Summe beider Fraktionen bei allen Sorten etwa gleich, entscheidend ist jedoch das Verhältnis der lysinarmen Prolaminfraktionen zu den lysinreichen Glutelinfraktionen (JAHN-

DESSBACH, 1970). SCHEIBE (1968) bezeichnete z.B. die Wintergerste Dura als Glutelintyp- entsprechend ihres hohen Gehaltes an Glutelin- ,während er Tria als Prolamintyp bezeichnete.

KLEMME-BERGER(1969a) fand, daß das Verteilungsmuster der Globulinkomponenten für jeden Genotyp charakteristisch ist. Hinsichtlich der elektrophoretisch trennbaren Prolaminkomponenten zeigen die Sorten nur geringfügige Unterschiede in der Anzahl und Lage, jedoch werden deren Mengenverhältnisse entscheidend vom Genotyp bestimmt (KLEMME-BERGER,1969b ; WALDSCHMIDT-LEITZ,1958a). MUNCK (1964a) fand ebenfalls das Eiweißfraktionsmuster abhängig von der Sorte, stellte aber fest, daß diese Sortenunterschiede bei jeder Stickstoffdüngungsstufe konstant bleibt.
Entsprechend der Unterschiede in den Eiweißfraktionsgehalten der Sorten muß es auch unterschiedliche Aminosäurengehalte geben, denn die Aminosäurenzusammensetzung des Gesamteiweißes wird einzig und allein von den Mengenverhältnissen der Aminosäuren in den einzelnen Komponenten bestimmt.
So macht sich nach SCHUPHAN (1956) der Sorteneinfluß in dem Muster des Gersteneiweißes an exogenen Aminosäuren zwar bemerkbar, jedoch sind es nur Verschiebungen gradueller Art, aber keine grundsätzlichen Veränderungen. MUNCK(1970b) jedoch berichtete über ein Gen für hohen Lysingehalt in der Gerste - den "Hily-Charakter" -,welches gleichzeitig aber auch andere Aminosäurengehalte beeinflußt.
Das Opaque-2-Gen für Mais und die "Hiproly"-Gerstensorte (sie hat einen hohen Protein- und einen außergewöhnlich hohen Lysingehalt - MUNCK, 1970 b) läßt die Hoffnung zu, daß die vorhandenen genetischen Variationen, welche notwendig sind, um die Eiweißqualität zu verbessern, gefunden werden können (HAGBERG, 1970).
Zusammenfassend kann festgestellt werden :
Eine Veränderung des Aminosäurenmusters des Gesamtkorneiweisses beruht nicht auf einer Veränderung der Zusammensetzung in

den Bausteinen der einzelnen Proteinfraktionen - jede einzelne Fraktion bzw. Komponente hat ihre codierte Aminosäurensequenz - sondern auf Verschiebungen in den Mengenverhältnissen der einzelnen Fraktionen, dementsprechend können die Änderungen im Anteil der einzelnen Aminosäuren, die z.B. mit steigenden Stickstoffgaben usw. eintreten, sich ganz verschieden gestalten und sich für die einzelnen Aminosäuren einmal als Erhöhung oder als Erniedrigung auswirken, d.h. aber auch, daß sich die biologische Proteinwertigkeit sowohl erniedrigen als auch erhöhen kann.

C. Material und Methoden

a - 1) Material

Es wurden alle gegenwärtig in der Bundesrepublik Deutschland zugelassenen Sommer- (47) und Wintergerstensorten (26) sowie einige Zuchtstämme und ausländische Sorten aus der Ernte des Jahres 1972 untersucht. Der Anbau erfolgte bei gleichen Boden-, Klima- und Düngungsverhältnissen durch die Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim.
Die Sorten waren in 2 Düngungsstufen angebaut worden (Sommergerste : 1. Düngungsstufe 45 kg Stickstoff/ha, 2. Düngungsstufe zusätzlich zum Zeitpunkt der Blüte 30 kg Stickstoff/ha, Wintergerste : 1. Düngungsstufe 30 kg Stickstoff/ha, 2. Düngungsstufe 30 kg Stickstoff 14 Tage vor dem Ährenschieben und zusätzlich 20 kg Stickstoff/ha zum Zeitpunkt der Blüte).
Die Gesamtzahl der Proben betrug also 146.
Die Namensliste der Sorten und Zuchtstämme mit den entsprechenden Anbaunummern ist aus den Tabelle C und D (Seite 65 bzw. 65) zu ersehen.

a - 2) Methoden

Es wurden folgende Bestimmungen in jeder einzelnen Probe durchgeführt :

1. Wassergehalt
2. Rohprotein nach Kjeldahl
3. Aminosäuren

Die gereinigten und mit einem 2,2 mm Sieb abgesiebten Gerstenkornproben wurden mit Hilfe einer Labormühle staubfein gemahlen. In diesem so aufbereiteten Material wurde entsprechend den Bestimmungen der Deutschen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten der Wasser- und der Rohproteingehalt (nach Kjeldahl) - jeweils als Doppelbestimmung - ermittelt. Als Katalysator zum Aufschluß der Proben für die Stickstoffanalysen wurde Selenreaktionsgemisch verwandt. Die Ammoniakbestimmung erfolgte nach van Slyke. Zur Berechnung des Rohproteingehaltes wurde der analysierte Stickstoffgehalt mit dem Faktor 6,25 multipliziert.
Da die Zerstörung der Aminosäuren und die Bildung von Huminstoffen bei der Hydrolyse in erster Linie von dem Gehalt der Probe an Kohlenhydraten abhängig ist (NEHRING, 1959), wurden von jeder einzelnen Probe 24- und 72-Stunden Hydrolysen hergestellt. Eine weitere 24-Stunden Hydrolyse wurde angesetzt, nachdem das Material mit Perameisensäure (Verfahren nach MOORE, 1963) oxydiert worden war. Die Analysen nach Oxydation dienten zur Berechnung der Methionin- und Cystin/2-Konzentrationen aus den analysierten Methioninsulfon-bzw. Cysteinsäuregehalten. Die Hydrolyse erfolgte mit 6 n-Salzsäure (Rohprotein : 6 n HCL = ca. 1 mg : 1 ml) im Vakuum bei 110°C. Anschließend wurden die Hydrolysen mit Hilfe eines Rotationsverdampfers zur Trockne eingeengt, in Citratpuffer ph 2,2 aufgenommen, filtriert und zur Aminosäurenanalyse auf die Säule der Aminosäurenbestimmungsapparatur aufgetragen. Da ausschließlich Hydrolysate mit Hilfe von 6 n- HCL hergestellt wurden, konnte die Konzentration des Tryptophans, das durch saure Hydrolyse mit Mineralsäuren insbesondere in Gegenwart von Kohlenhydraten weitgehend zerstört wird (HOLZ, 1972), nicht ermittelt werden.

Die Aminosäurenanalysen wurden mit einem Beckman Unichrom mit automatischem Probengeber und automatischem Integrator Infrotronic SN 8717 durchgeführt. Das Gerät war mit 2 Standardsäulen, welche bis zu einer Höhe von 55 cm mit dem Beckman Harz M 82 gefüllt waren, bestückt. Die Durchflußgeschwindigkeit betrug für den Puffer 90 ml/h und für das Ninhydrin 45 ml/h. Es wurde das von DEVENYI (1968) beschriebene Einsäulenverfahren für Proteinhydrolysate angewandt, welches nach KEDENBURG (1970) für die Analyse von Futtermitteln pflanzlicher Herkunft gut geeignet ist. Besondere Beachtung erfuhr die Herstellung und Aufbewahrung des Ninhydrins. Es wird peroxidfreies Methylcellosolve benutzt. Die Aufbewahrung erfolgt im Kühlschrank bei + 3°C in der Dunkelheit und unter Stickstoff. Um ein Ammoniakplateau, das die Aminosäurenpeaks auf dem Chromatogramm eventuell überdeckt, möglichst zu vermeiden, ist die Qualität des zum Pufferansatz verwendeten Wassers von außerordentlicher Bedeutung. Es wurde nur demineralisiertes Wasser benutzt. Die Puffergefäße wurden, um eine nachträgliche Kontamination mit Luftammoniak zu vermeiden, über Rohre, welche mit Zitronensäure gefüllt sind, belüftet. Die Zusammensetzung der Puffer entspricht den Angaben bei KEDENBURG (1970/71).

Die Aufstellung der Eichkurven erfolgte mit Hamilton Standardaminosäurengemisch Typ H[1]. Da in Vorversuchen nur ein durchschnittlicher Variationskoeffizient für die einzelnen Aminosäurengehalte von ca. 5 % für 20 Analysen einer Probe ermittelt worden war - siehe Tabelle E -, wurde nach jeder 10. Gerstenprobenanalyse eine Aminosäurenbestimmung im Standardaminosäurengemisch durchgeführt. Dieses Verfahren erscheint richtiger als mit einem inneren Standard, z.B. Norleucin, zu arbeiten, da das Volumen, welches für jede Einzelanalyse in den Probengeber gegeben werden kann, beschränkt ist.

Es ist zu beachten, daß bei jeder Aminosäurenbestimmung in natürlichen Materialien die erhaltenen Werte und die dazu bestimmte Fehlerbreite lediglich eine Aussage über die Gehalte

1) Hamilton Company, P.O. Box 205, Den Haag

an Aminosäuren im Hydrolysat erlauben, was nicht bedeuten muß, daß diese Werte die absolut richtigen Gehalte im Ausgangsmaterial darstellen.
Die Berechnung der Serin- und Threoningehalte in den Proben erfolgte aus den Aminosäurenkonzentrationen der 24-h-Hydrolyse, die Valin-, Leucin-und Isoleucingehaltsberechnung aus denjenigen der 72-h-Hydrolyse. Die Ermittlung der Gehalte aller anderen Aminosäuren erfolgte aus den Mittelwerten der Ergebnisse der 24- und 72-h-Hydrolyse.

a - 3) Berechnung des EAA-Index

Als Maß für die Proteinwertigkeit des Gersteneiweißes wurde entsprechend den Angaben von OSER (1951) der EAA-Index berechnet. Dieser Wert stellt das geometrische Mittel der essentiellen Aminosäuren im Verhältnis zu einem Standardprotein dar. Er berechnet sich nach der folgenden Formel :

$$\text{EAA-Index} = \sqrt[9]{\frac{100a}{a_e} \times \frac{100b}{b_e} \times \ldots \frac{100i}{i_e}}$$

a, b bis i = Gehalte an Threonin, Valin, Methionin, Isoleucin, Leucin, Phenylalanin, Lysin, Histidin und Arginin im Analysenprotein.

a_e, b_e bis i_e = entsprechende Aminosäurengehalte im Volleiprotein.

Die Aminosäurengehalte des Volleiproteins - aus "Evaluation of Protein Quality" (NRC, 1963) - sind in Tabelle K (Seite 75) aufgeführt.

a - 4) Statistische und mathematische Sicherung der Ergebnisse

Um einen Maßstab für die Genauigkeit und den Grad der Reproduzierbarkeit der angewandten Aminosäurenanalytik zu erhalten, wurden die folgenden statistischen Meßgrößen einer Testprobe (Anzahl der Wiederholungen n = 10) berechnet : arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung und Variationskoeffizient. Diese Werte sind in der Tabelle E angegeben.

Feststellung von Abhängigkeiten :
Um die paarweise Abhängigkeit einiger Charakteristika zu überprüfen, wurde der Vier-Felder-Test angewandt, wobei als Aufteilungskriterium jeweils der Median benutzt wurde. Dieser Chi-Quadrat-Test wurde auf einem Irrtumswahrscheinlichkeitsniveau von p = .05 durchgeführt. Ergab sich aus diesem Test eine Signifikanz, so wurden unter der Annahme eines linearen Zusammenhanges die entsprechende Regressionsgerade sowie der Korrelationskoeffizient berechnet.

D. Ergebnisse

Um eine bessere Übersicht der Ergebnisse zu erreichen, wurden diese getrennt zum Sortenvergleich (einmalige Stickstoffdüngung) bzw. zum Vergleich der Düngungswirkung (mehrmalige Stickstoffdüngung) aufgeführt.
Die Angaben über die Aminosäurengehalte der einzelnen Sorten erfolgt als g Aminosäuren pro 100 g Rohprotein. Diese Angabe gibt am besten den ernährungsphysiologischen Wert des Eiweißes wieder, zumal die Reineiweißgehalte bei der Gerste nur unwesentlich von den Rohproteingehalten abweichen.

a - 1) Sortenvergleich

Die hier zu besprechenden Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 3 (Seite 76 bzw. 84) sowie F und G (1. Düngungsstufe) Seite 67 bzw. 68) zusammengefaßt.

1) Trotz gleicher Anbaubedingungen differieren die Rohproteingehalte der einzelnen Sorten. Die Grenzwerte liegen bei den untersuchten Sommergerstensorten zwischen 8,21 % und 13,76 % (Mittelwert 9,75 %) und bei den untersuchten Wintergerstensorten zwischen 9,40 % und 12,90 % (Mittelwert 10,85%) Rohprotein in der Trockensubstanz.

2) Die Aminosäurenkonzentration im Rohprotein der einzelnen Gerstensorten sind sehr unterschiedlich, jedoch im wesentlichen unabhängig von der Zugehörigkeit zu den Sommer- bzw. Wintergerstensorten. Lediglich beim Methionin und Lysin zeigt sich eine Tendenz zu geringeren Gehalten im Rohprotein der Wintergerste.

3) Mit Hilfe des Vier-Felder-Testes (Einteilungskriterium Median) konnte keine Abhängigkeit der Lysingehalte im Rohprotein von den Rohproteinkonzentrationen in der Trockensubstanz festgestellt werden.

4) Auf Grund der unterschiedlichen Muster an essentiellen Aminosäuren im Rohprotein der einzelnen Gerstensorten errechneten sich auch Differenzen in den EAA-Indices. Bei den Sommergerstensorten lagen diese zwischen 65,61 und 77,30 (Mittelwert 72,16) und bei den Wintergerstensorten zwischen 64,04 und 74,60 (Mittelwert 69,32). Eine Korrelation dieser Werte zum Rohproteingehalt in der Trockensubstanz oder zum Gehalt an Lysin im Rohprotein bestand nicht.

a - 2) Sortendüngungsvergleich

Die hier zu besprechenden Ergebnisse sind in den Tabellen 2 und 4 (Seite 80 bzw. 86) sowie F und G (2. Düngungsstufe) (Seite 67bzw. 68) zusammengefaßt.

1) Zusätzliche Stickstoffdüngung , bei den Sommergerstensorten während der Blüte, bei den Wintergerstensorten vor dem Ährenschieben und während der Blüte, hatte regelmäßig eine Erhöhung des Rohproteingehaltes in der Trockensubstanz der Gerstenkörner zur Folge. Die Rohproteinkonzentrationen der Sommergersten lagen zwischen 10,05 % und 14,16 % (Mittelwert 11,46 %), diejenigen der Wintergersten zwischen 11,14 % und 14,08 % (Mittelwert 12,62 %). Es war somit durch die zusätzliche Düngung eine Erhöhung der Rohproteingehalte in den Gerstenkörnern bei den Sommergersten um durchschnittlich 18 %(relativ),bei den Wintergersten um 16 %(relativ)eingetreten.

2) Die Rohproteingehaltserhöhung in den Gerstenkörnern durch späte Stickstoffdüngung war bei den einzelnen Gerstensorten sehr unterschiedlich (z.T. Anstieg um fast 30 %, z.T. weniger als 3 %). Trotzdem ergab sich im Vier-Felder-Test eine Signifikanz, und es konnten für die Sommergerstensorten und Wintergerstensorten unterschiedliche Korrelationskoeffizienten errechnet werden.

Die entsprechenden Regressionsgleichungen lauten :

Sommergerstensorten : $RP_2 = 5,10 \times 0,65 \times RP_1$ ($r = 0,74$)

Wintergerstensorten : $RP_2 = 3,58 \times 0,84 \times RP_1$ ($r = 0,69$)

RP_1 = Rohproteingehalt der Gerstenkörner nach einer einzigen Stickstoffdüngung

RP_2 = Rohproteingehalt der Gerstenkörner nach mehreren Stickstoffgaben

3) Die Konzentrationen der einzelnen Aminosäuren im Rohprotein veränderten sich mit steigendem Rohproteingehalt, hervorgerufen durch die zusätzliche späte Stickstoffgabe, nicht einheitlich. Große sortenspezifische Unterschiede lassen sich dabei nicht übersehen. Es läßt sich aber beim Vergleich der Tabellen 1 und 2 sowie 3 und 4 - vielleicht etwas vereinheitlicht gesagt - feststellen, daß mit steigendem Rohproteingehalt in den Gerstenkörnern die Prolin- und Glutaminsäuregehalte ansteigen, während alle anderen Eiweißbausteine, besonders die essentiellen Aminosäuren, eine Tendenz zum Abfall aufweisen.

4) Die Lysingehalte im Rohprotein fallen in jedem Fall ab, wenn auch der Grad des Abfalles recht different ist. Die gleiche Feststellung gilt auch für das Arginin, während es bei dem Histidin einige Ausnahmen von dieser Regel gibt.

5) Auch in diesem Versuch läßt sich mit der gleichen Methode wie im vorhergehenden Versuch keine Abhängigkeit zwischen den Lysin- und Rohproteingehalten feststellen.

6) Die Tendenz des Abfalles der essentiellen Aminosäuren im Rohprotein bei steigenden Rohproteingehalten offenbart sich auch bei der Mehrzahl der Proben bei der Berechnung des EAA-Index. Er ist allgemein geringer (schlechter) bei höherem Rohproteingehalt. Dabei sind die Grenzwerte der EAA-Indices in den einzelnen Sortengruppen geringgradig größer

geworden. Sommergerstensorten 63,21 - 76,45 (Mittelwert 69,68), Wintergerstensorten 61,62 - 74,96 (Mittelwert 67,03).

7) Da sich im Vier-Felder-Test eine Signifikanz ergab, wurden für die EAA-Indices der beiden Versuche die Korrelationskoeffizienten berechnet. Die entsprechenden Regressionsgleichungen lauten :

Sommergerstensorten :

EAA_1-Index = 17,20 + 0,73 x EAA_2-Index (r = 0,80)

Wintergerstensorten :

EAA_1-Index = 11,91 + 0,79 x EAA_2-Index (r = 0,63)

EAA_1-Index = Index nach einer einzigen Düngung.

EAA_2-Index = Index nach mehreren Stickstoffgaben.

E. Diskussion

Die gute Übereinstimmung der eigenen Ergebnisse der Aminosäurenanalytik mit denen anderer Autoren ergibt sich aus der Tabelle H (Seite 69). Es wurden nur solche Werte zum Vergleich herangezogen, die ebenfalls mit Hilfe der Säulenchromatographie gewonnen wurden.
Die für Methionin angegebenen Werte haben zwar infolge der Empfindlichkeit bei der Hydrolyse nur eine eingeschränkte Aussagekraft, jedoch dürfte die Ursache für die Tatsache, daß die in der eigenen Untersuchung erhaltenen Werte für das Methionin etwas kleiner zu sein scheinen, auf die veränderte Bestimmungsmethode zurückzuführen sein.
Die Erörterung der gewonnenen Ergebnisse soll - um eine bessere Übersichtlichkeit zu erreichen - in drei Gruppen erfolgen, nämlich unter Berücksichtigung der Rohproteingehalte, der Aminosäurengehalte und der EAA-Indices.

1. Rohproteingehalte

Entsprechend der erwähnten Literaturangaben (SCHOLZ, 1958 ; FISCHBECK, 1964 ; SCHEIBE, 1968 ; ZOSCHKE, 1973 u.a.) waren Unterschiede in den Rohproteingehalten bei den einzelnen Sorten trotz vergleichbarer Anbaubedingungen zu erwarten. Diese Differenzen sind als Ausdruck eines spezifischen Eiweißbildungsvermögen der Einzelsorten zu werten. Etwas überraschend ist das relativ geringgradige Ausmaß dieser Unterschiede, sie liegen in einem Bereich von ca. $\pm$ 3 %-Einheiten (Rohproteingehalte der Gerstenkörner zwischen 8,21 % und 13,76 %). Dies könnte auf die recht starke genetische Verwandtschaft der Sorten untereinander zurückzuführen sein und wäre damit das Ergebnis der langjährigen einseitigen Auslese auf ein einziges Zuchtziel - nämlich Braugerstenerzeugung. Da aber auch die ökologischen Faktoren einen wesentlichen Einfluß auf die Höhe des Rohproteingehaltes haben, darf nicht

übersehen werden, daß auch die klimatischen Begingungen, welche während der Vegetationsperiode geherrscht haben, wesentlich mit zu den Ergebnisse beigetragen haben.
Die Rohproteingehalte der Wintergerstensorten waren bei den eigenen Untersuchungen etwas höher (1 %-Einheiten bei Mittelwertvergleich) als die der Sommergerstensorten. In der Literatur (z.B. AUFHAMMER, 1952 ; JAHN-DESSBACH, 1967 ; ULONSKA, 1968) wurden sowohl Angaben über höhere als auch über niedrigere Rohproteingehalte in Wintergerstensorten gegenüber Sommergerstensorten gefunden. Häufig fehlen jedoch Angaben über die Stickstoffdüngung.
Zusätzliche späte Stickstoffgaben erhöhen die Stickstoffgehalte der Gerstenkörner. Dieser Befund ist voll abgedeckt durch die Ergebnisse anderer Autoren (SCHILLER, 1970 ; ZOSCHKE, 1973 ; VÖLKER,1960b). Auffällig ist hier der relativ einheitliche Anstieg um ca. 17 % (von 10,3 % auf 12,1 % Rohproteingehalt). Nur wenige Ergebnisse - Anstieg von fast 30% bzw. weniger als 3 % - sind abweichend von dieser Einheitlichkeit. Sie stimmen gut mit den Feststellungen anderer Autoren (ZOSCHKE, 1967 ; FISCHBECK, 1964 ; SCHOLZ, 1960 ; JAHN-DESSBACH, 1970) überein, die beobachteten, daß die unterschiedlich starken Stickstoffzunahmen im Korn durch gleiche Stickstoffernährung eine genotypische Reaktion der verschiedenen Gerstensorten darstellt.
Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Rohproteingehalte bei gleichen Anbaubedingungen sowohl von der Sorte (geringgradig) als auch von der zusätzlichen Stickstoffdüngung abhängig waren.

2. Aminosäurengehalte

Die Höhe der Rohproteingehalte allein sagt nichts über die ernährungsphysiologische Qualität der stickstoffhaltigen Verbindungen des betreffenden Futtermittels aus.

Das entscheidende Qualitätskriterium eines Futtermittel- oder Nahrungseiweißes ist neben der Verdaulichkeit sein Gehalt an Aminosäuren- vor allem an essentiellen- bzw. deren Verhältnis zu einander. Der wesentliche ernährungsphysiologische Wertmaßstab eines Proteins ist somit dessen %-Gehalt an einzelnen Aminosäuren im Rohprotein. Wie im Literaturteil ausführlich dargestellt wurde, gibt es das "Gerstenеiweiß" nicht, sondern dies setzt sich stets aus einer Anzahl von Eiweißfraktionen mit jeweils wieder mehreren Unterarten zusammen, welche eine recht differente chemische Zusammensetzung aufweisen und damit nicht als ernährungsphysiologisch gleichwertig anzusehen sind. Die Bestimmung der Aminosäurengehalte im Gesamtrohprotein der Gerstenkörner läßt also keine Rückschlüsse auf die Mengenverhältnisse bezüglich der einzelnen Fraktionen bzw. deren Unterarten zu. Von ernährungsphysiologischer Sicht ist das, wie oben ausgeführt, auch unwesentlich.
Aus den Ergebnissen kann festgestellt werden, daß sich für die einzelnen Aminosäuren hinsichtlich ihres Gehaltes im Gesamtrchprotein der Gerstenkörner recht beachtliche Unterschiede ergeben. Werden die Aminosäurengehalte im Rohprotein der einzelnen Sorten in den einzelnen Düngungsstufen verglichen, so ergeben sich z.T. erhebliche Differenzen bei der gleichen Aminosäure. Da die Anbaubedingungen für alle Sorten gleichgehalten wurden, sind diese Differenzen als sortenbedingt anzusehen und ein Maß für die genetische Potenz. Deshalb ist es nicht verwunderlich, daß sich eine Abhängigkeit z.B. zwischen den Gehalten an Lysin und Rohprotein nicht nachweisen läßt.

Da die tatsächliche Eiweißbildung in den Gerstenkörnern der einzelnen Sorten nicht nur von den genetischen Faktoren abhängt, sondern wesentlich auch von den Umweltbedingungen und der Höhe der Stickstoffdüngung beeinflußt wird, wurde der Sortendüngungsversuch durchgeführt, um gezielt den Einfluß der späten Stickstoffgabe auf die Veränderung des Gesamtaminosäurenmusters im Rohprotein der Gerstenkörner zu überprüfen.

Es zeigte sich, daß die chemisch ermittelte Aminosäurenzusammensetzung des Rohproteins der einzelnen Sorten durch eine späte zusätzliche Stickstoffdüngung deutlich verändert wird. Es gibt zwar im wesentlichen stets gleichgerichtete Tendenzen, so kommt es mit steigenden Rohproteingehalten zu recht starken Anstiegen (Prozent im Rohprotein) bei einzelnen Aminosäuren - z.B. Glutaminsäure und Prolin - andere verhalten sich recht uneinheitlich, während wieder andere generell abfallen -, z.B. Lysin. Es lassen sich aber deutliche sortenspezifische Unterschiede hinsichtlich dieser Veränderungen feststellen.

Von besonderer Bedeutung für die dieser Arbeit zugrundeliegende Fragestellung sind die Veränderungen der Konzentrationen der essentiellen Aminosäuren im Rohprotein der Gerstenkörner.

Es ergab sich häufig ein Abfall dieser Aminosäuren - vor allem bei den basischen - jedoch war diese Konzentrationsminderung nicht in allen Fällen gleich groß. Einzelne Aminosäuren dieser Gruppe zeigten auch steigende Gehalte im Rohprotein der Gerstenkörner bei später zusätzlicher Stickstoffdüngung und damit steigenden Rohproteingehalt in den Gerstenkörnern. Das betraf häufig das Phenylalanin, z.T. aber auch das Threonin.

Besondere Beachtung verdiente die Veränderung der Lysingehalte im Rohprotein, da von vielen Autoren (z.B. VÖLKER, 1960b; HAGBERG, 1969 ; VIUF, 1969 ; EGGUM, 1970 u.a.) eine Abhängigkeit zwischen dem Lysingehaltsabfall und dem steigenden Rohproteingehalt in den Gerstenkörnern (sortenbedingt oder in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung) festgestellt wurde. Diese Ergebnisse beruhen im wesentlichen auf Untersuchungen mit steigender Stickstoffdüngung, d.h. mit starkem Rohproteingehaltsanstieg in den Körnern bei einzelnen Gerstensorten. Eine Abhängigkeit dieser beiden Grössen von einander konnte in den eigenen Versuchen jedoch nicht nachgewiesen werden. Es ist zu vermuten, daß dies im

wesentlichen auf den relativ geringen Rohproteingehaltsanstieg beruht, denn stets wurde ein Abfall des Lysingehaltes festgestellt.

Die Veränderungen der Aminosäurengehalte des Gesamtgerstenei weißes mit steigendem Rohproteingehalt auf Grund zusätzlicher Stickstoffgaben kann nur dadurch zustande kommen, daß sich die Mengenverhältnisse der verschiedenen Proteinarten - einzelne Eiweißfraktionen müssen besonders stark vermehrt worden sein - zueinander verschoben haben. Wie nun im Literaturteil festgestellt wurde, ändert sich mit steigender Stickstoffdüngung im wesentlichen das Verhältnis Konstitutions- : Reserveeiweiß zugunsten der letzteren. Beide Arten unterscheiden sich wesentlich in ihrem Aminosäurenmuster. Beide Reserveeiweiße, Glutelin und Prolamin, weisen in ihrem chemischen Aufbau deutliche Differenzen auf, ihre charakteristische Aminosäurensequenz, die genetisch determiniert ist, kann sich jedoch nicht ändern. Der aus diesen Kenntnissen heraus theoretisch mögliche Versuch einer Deutung der bei den einzelnen Sorten festgestellten unterschiedlichen Änderungen der Aminosäurenkonzentrationen wäre jedoch ein rein hypothetisches Unterfangen, und ist auch nicht Ziel dieser Untersuchung. Es sollte vielmehr festgestellt werden, welche Veränderung des Gesamtaminosäurenmusters im Rohprotein der Gerstenkörner erfolgen und welche ernährungsphysiologischen Konsequenzen sich daraus ergeben.

Anschließend soll noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die erhaltenen Aminosäurengehalte des Gesamtproteins in den Gerstenkörnern Folge der in diesem Versuch ausschlaggebenden ökologischen Faktoren, der gedüngten Stickstoffmengen und des genetischen Eiweißbildungsvermögens der Einzelsorten waren.

Aus den gewonnenen Ergebnissen läßt sich ablesen, daß die untersuchten Gerstensorten trotz gleicher Anbaumaßnahmen und gleicher Umweltbedingungen bei gleichhoher Stickstoffdüngung und auch in Abhängigkeit von der Höhe der zusätz-

lichen Stickstoffdüngung hohe Unterschiede in der Aminosäurenzusammensetzung des Gesamtproteins in den Gerstenkörnern aufweisen. Diese Unterschiede können zur Folge haben, daß bei Verwendung der Gerste als Futtermittelkomponente bei Omnivoren, trotz einer rechnerisch, bezüglich der Gehalte an essentiellen Aminosäuren, vollwertigen Ration (Durchschnittswerte), tatsächlich ein Mangel an einer oder mehrerer essentiellen Aminosäuren vorliegt.

3. EAA-Index

Aus den Gehalten an essentiellen Aminosäuren im Rohprotein der Gerstenkörner wurden die EAA-Indices der einzelnen Sorten - als Maßstab für die biologische Eiweißwertigkeit des Gerstenproteins - berechnet.
Die ermittelten Werte müssen als sortenspezifisch angesehen werden, da diese sowohl bei einer einzigen, für alle Sommer- bzw. Wintergerstensorten gleichen Stickstoffdüngung unterschiedlich waren, als auch bei gleicher zusätzlicher Stickstoffdüngung die Veränderungen der EAA-Indices von Sorte zu Sorte unterschiedlich erfolgten. Ursache für die erhaltenen Verschiedenheiten sind, wie ausgeführt, die unterschiedlichen Mengenverhältnisse der einzelnen Eiweißfraktionen und -komponenten im Gersteneiweiß der einzelnen Sorten und damit letztlich deren unterschiedlicher Gehalt an den einzelnen Aminosäuren.
Die im Literaturteil erwähnten Ergebnisse anderer Autoren lassen zwar vermuten, daß ein niedriger EAA-Index mit einem hohen Prolaminanteil, welcher vor allem durch ein ernährungsphysiologisch geringer wertiges Muster an essentiellen Aminosäuren gekennzeichnet ist, verknüpft ist. Da die Prolamingehalte nicht bestimmt wurden, können diese Befunde auf Grund der eigenen Versuche nicht ausdrücklich bestätigt werden.
Eine Abhängigkeit der EAA-Indices von der Rohproteingehaltshöhe in den Gerstenkörnern war nicht nachweisbar.

Im allgemeinen wird angenommen, daß Gerstenkörner mit hohem Proteingehalt- provoziert durch hohe späte Stickstoffdüngung - eine geringere Proteinqualität besitzen als Gerstenkörner mit niedrigem Proteingehalt. Andere Untersucher (THIER, 1964 ; McGEOWN, 1967 u.a.) haben aber festgestellt, daß das Muster an essentiellen Aminosäuren von Gerste durch Düngung, Bodentyp und Standort nur unwesentlich beeinflußt wird. Die Frage, ob die EAA-Indices sich bei zusätzlicher Stickstoffdüngung d.h. bei höherem Rohproteingehalt, verändert haben, ist deshalb von großem Interesse. Es läßt sich in der Mehrzahl der Fälle ein Abfall der Proteinwertigkeit - ausgedrückt als EAA-Index- feststellen. Jedoch gibt es auch Gerstensorten, bei denen kaum eine Veränderung bzw. zum Teil sogar eine geringfügige Verbesserung festgestellt wurde. Dies hat zwar in jedem Einzelfall recht verschiedene Ursachen. Es beruht z.T. darauf, daß der Abfall der basischen Aminosäuren relativ schwach ist, z.T. darauf, daß einige andere essentielle Aminosäuren in ihrer Konzentration mehr oder weniger ansteigen.

Für die Tierernährung sind diejenigen Gerstensorten besonders interessant, die bei gutem Flächenertrag sowie bei gutem EAA-Index und hohem Lysingehalt im Rohprotein der Gerstenkörner nach einmaliger Stickstoffdüngung eine hohe Flächenertrags- und Rohproteingehaltssteigerung durch späte zusätzliche Stickstoffdüngung erfahren, ohne daß der EAA-Index und der Lysingehalt sich wesentlich verschlechtert.
Bei den Sommergerstensorten verdienen unter Berücksichtigung dieser Überlegungen die Anbaunummern 5, 12, 22, 23, 26, 30 und 31, bei den Wintergerstensorten die Anbaunummern 11, 16, 18, 20 und 22 besondere Beachtung.
Diese Sorten entsprechen wohl den von SCHUPHAN(1960b) als "genetisch bedingte Eiweißgersten" bezeichneten, die anscheinend nicht der negativen Korrelation von Eiweißgehalt und -qualität unterliegen. Demgegenüber wären die anderen Sorten wohl eher dem Typ, der vom gleichen Autor als "physiologisch bedingte Eiweißgerste" bezeichnet wurde, zuzuordnen.

Wieweit durch pflanzenzüchterische Maßnahme die als günstig herausgestellten Parameter gefördert werden können, sei hier nur als Frage aufgeworfen.

4. Schlußbetrachtung

Unter den Bedingungen der praktischen Tierernährung ist man in der Regel gezwungen, zur Berechnung des Gehaltes an Nährstoffen - also auch z.B. Rohproteingehalte und Aminosäurenkonzentrationen der Gerste - tabellarische Mittelwerte zu verwenden. Auf der Grundlage dieser Durchschnittswerte werden Futterrationen zusammengestellt. Mit welchen Fehlern bei dieser mehr oder weniger groben Kalkulation zu rechnen ist, sei hier am Beispiel einer Modellration mit einem höheren Gerstenschrotanteil, unter Berücksichtigung der für das Schwein wichtigsten essentiellen Aminosäure Lysin, aufgezeigt.

Der tägliche Lysinbedarf wird für Mastschweine mit einem Körpergewicht von 50 kg mit 16,0 g angegeben (HENNING, 1971). Wenn die Gesamtration zu 40 % aus Gerste besteht und unter der Voraussetzung eines durchschnittlichen Futterverzehrs von 2,5 kg pro Tag, kann der Lysinbedarf in unterschiedlichem Ausmaß von den einzelnen Gerstensorten - je nach Sorte und Höhe der Stickstoffgaben - gedeckt werden. Die Angaben über die prozentuale Lysin-Bedarfsdeckung für ein Mastschwein mit 50 kg Körpergewicht sind der Tabelle I (Seite 70-72) zu entnehmen. Hieraus ist ersichtlich, daß der Lysinbedarf über Gerstenschrot zwischen 21,1 % und 34,16 % gedeckt werden kann.

Aus dieser Tabelle muß der Schluß gezogen werden, daß für exakte ernährungsphysiologische Fragestellungen genaue Gehaltsbestimmungen auch bei der Gerste, deren Zusammensetzung immer als relativ gleichmäßig angesehen wird (KELLNER, 1966), unerläßlich sind. Die festgestellte Variabilität im Gehalt

an Lysin, was in Prinzip auch für andere essentielle Aminosäuren gilt, ist infolge Düngungs- und Sorteneinflüssen erheblich.

Unabhängig von den Gehalten an essentiellen Aminosäuren ist für den Erzeuger der Ertrag der einzelnen Sorten von großer Bedeutung. In der Tabelle J (Seite 73 bis 75) wurden die Anbaunummern nach steigenden Erträgen pro ha - in der 1. Düngungsstufe - geordnet. Zu den Erträgen ist allerdings zu sagen, daß es sich hier um einen Sortimentsanbau auf kleiner Parzelle ohne Wiederholung handelte. Aus den Erträgen und den Lysingehalten pro kg Gerstenkörner (Angaben siehe Tabelle I) lassen sich die pro ha geernteten Lysinmengen berechnen. Auch diese Angaben sind der Tabelle J zu entnehmen.

Die Tabelle J zeigt weiterhin, daß durch die zusätzliche Stickstoffgabe - 2. Düngungsstufe - in der Regel eine Ertragssteigerung eingetreten ist. Da gleichzeitig der absolute Lysingehalt pro kg Gerstenkörner angestiegen ist, steigt meistens auch die pro ha geerntete Lysinmenge. Diese Tatsache ist aus ernährungsphysiologischer Sicht recht bedeutend, da Lysin neben Methionin diejenige Aminosäure ist, die den Welt-Aminosäuren-Bedarf am wenigsten deckt (WHITE-STEVENS, 1966).

I. Zusammenfassung

1. Nach kurzer allgemeiner Erörterung der Bedeutung von Eiweiß und Aminosäuren in der Tierernährung sowie über Eiweißbewertung wurde die Literatur über Eiweiß, Eiweißfraktionen, Aminosäuren von Gerstensorten sowie der Einfluß der Stickstoffdüngung und des Genotypen auf diese Gerstenkornanteile ausführlich dargestellt.

2. In allen gegenwärtig in der Bundesrepublik Deutschland zugelassenen Sommer- (47) und Winter-(26)-gerstensorten, welche unter gleichen Anbaubedingungen jedoch bei jeweils zwei Stickstoff-Düngungsstufen angebaut worden waren, wurden der Rohproteingehalt (bezogen auf die Trockensubstanz) und die Aminosäurengehalte (bezogen auf das Rohprotein) analysiert. Aus den Ergebnissen wurden die EAA-Indices nach Oser berechnet.

3. Bei gleichen Anbauverhältnissen und einmaliger gleich hoher Stickstoffdüngung (1. Düngungsstufe) ergaben sich deutliche Unterschiede in den Rohproteingehalten der Körner der untersuchten Gerstensorten (Sommergerste 8,2 - 13,8% ; Mittelwert 9,8 % ; Wintergerste 9,4 - 12,9 % ; Mittelwert 10,9 %). Nach gleicher zusätzlicher später Stickstoffdüngung (2. Düngungsstufe) stieg der Rohproteingehalt bei allen Sorten mehr oder weniger stark an (Sommergersten 10,1 - 14,2 % ; Mittelwert 11,5 % ; Wintergersten 11,1 - 14,1 %; Mittelwert 12,6%). Sowohl die unterschiedlichen Gehalte an Rohprotein in den Gerstenkörnern nach einmaliger, sowie auch die unterschiedlich steilen Anstiege der Rohproteingehalte in den Gerstenkörnern nach zusätzlicher Stickstoffdüngung waren sortenbedingt.

4. Die Aminosäurengehalte im Rohprotein der Körner der Gerstensorten wurden mit Hilfe der Säulenchromatographie bestimmt.
Die Aminosäurenmuster waren in allen Gerstensorten (1. Düngungsstufe) entsprechend den Angaben in den Tabellen 1 und 3 (Seite 76 und 84) unterschiedlich. Die Veränderungen in den Aminosäurenmustern bei zusätzlicher Stickstoffdüngung (2. Düngungsstufe) waren bei den einzelnen Gerstensorten nicht einheitlich (Vergleich der Tabellen 1 und 3 mit 2 und 4). Beides, Aminosäurenmuster und dessen Veränderung, war sortenbedingt.
Weder bei den Sommer- noch bei den Wintergerstensorten bestand eine deutliche Korrelation zwischen den Lysingehalten im Rohprotein und den Rohproteingehalten im Gerstenkorn.

5. Aus den Konzentrationen der essentiellen Aminosäuren (außer Tryptophan) im Rohprotein der Gerstenkörner wurden die EAA-Indices nach OSER - als Maß für die Rohproteinwertigkeit - berechnet. Auch für die Unterschiede dieses Parameters in der 1. Düngungsstufe (65,61 - 77,30) sowie für seine Veränderung nach zusätzlicher Stickstoffdüngung (63,21 - 76,45) ergab sich eine Sortenabhängigkeit. Wie beim Lysin bestand auch bei den EAA-Indices keine Abhängigkeit von den Rohproteingehalten.

6. Eine Abhängigkeit der untersuchten Parameter voneinander war in diesem Material nicht nachweisbar, dennoch lassen die experimentellen Befunde die Schlußfolgerung zu, daß in diesem Sortiment Futtergerstensorten mit relativ hohem Rohproteingehalt und guter Proteinqualität bei ausreichendem Ertrag vorhanden sind (z.B. bei den Sommergerstensorten die Anbaunummern 22, 23, 26, und 31 ; und bei den Wintergerstensorten die Anbaunummern 11, 16 und 20). Diese Sorten sollten in der Tierernährung verstärkt eingesetzt werden und bei pflanzenzüchterischen Maßnahmen Beachtung finden, um das ge-

netische Potential bei dieser Getreideart bezüglich der Proteinqualität und -quantität züchterisch zu nutzen.

7. Die ermittelten z.T. hohen Unterschiede in den Gehalten an Rohprotein und Aminosäuren in der Körnern der untersuchten Gerstensorten weisen darauf hin, daß z.B. zur Berechnung von Schweinerationen bei Verwendung von Mittelwerten trotz einer rechnerisch ermittelten Bedarfsdeckung tatsächlich ein Defizit oder aber ein Überschuß vorliegen kann.

Summary

1. After a short and general discussion on the importance of protein and amino acids in animal nutrition as well as on protein evaluation, the literature regarding the protein, protein fractions and amino acids of barley varieties as well as the influence of nitrogen fertilizer and of genotype on these barley grain components were exhaustively presented.

2. In all varieties and lines of spring-(47) and winter-(26)barley, presently approved of Federal Republic of Germany, which were cultivated under the same conditions with two nitrogen manuring stages, the crude protein content (based on the dry substance) and the amino acid levels (expressed as g amino acid per 16 g of nitrogen) were analysed. From these results the EAA-indices were calculated (according to Oser's method).

3. Under the same cultivating conditions and the same amount of nitrogen fertilizer (1st manuring stage) the grains of the investigated barley varieties differ in crude protein content. (spring barley varieties 8,2 - 13 %, mean 9,8 % ; winter barley varieties 9,4 - 12,9 %, mean 10,9 %). The application of additional nitrogen fertilizer (2nd manuring stage) increased the crude protein content of these varie-

ties to some extent (spring barley varieties 10,1 - 14,2 %, mean 11,5 % ; winter barley varieties 11,1 - 14,1 %, mean 12,6 %). The difference in the crude protein content of the barley grains after the 1st manuring stage, as well as the steep rise of the crude protein content of the barley grains after additional nitrogen nutrition are genotypically determined.

4. The amino acid levels of the barley grain samples have been investigated using column chromatography.
The amino acid composition varied among barley varieties (1st manuring stage) - see tables 1 and 3, pp. 76 and 84 .
The changes in the amino acid content, following additional nitrogen nutrition (2nd manuring stage) were not uniform for all individual barley varieties - compare tables 1 and 3 with 2 and 4. Both amino acid levels and the differences were genotypically determined.
Neither spring nor winter barley varieties exhibited a significant relationship between lysine level and crude protein content of the barley grains.

5. From the concentrations of the essential amino acids (with the exception of tryptophane) in the crude protein content of the barley grains, the EAA-Indices (according to Oser's method) were calculated as a measure of the biological value of barley protein. The variations of this parameter in the first manuring stage (65,61 - 77,30) as well as the differences, following additional nitrogen nutrition (63,21-76,45) are genotypically determined. As in the case of lysine no relationship exists between EAA-indices and crude protein content.

6. A relationship between the investigated parameters was not demonstrable. The experimental findings led to the conclusion that in this sample fodder barley varieties with a

relatively high crude protein content, good protein qualities and a satisfactory field are present (e.g. spring barley varieties Nr. 22, 23, 26 and 31, winter barley varieties Nr. 11, 16 and 20). These varieties should be employed in animal nutrition and observed in regard to plant breeding in order to utilize the genetic potential of this cereal species in respect to its protein qualities and quantities.

7. The important differences of crude protein content and amino acids found in the grains of the investigated barley varieties lead to the conclusion that, by using the mean levels, for example in calculation of pig diets, despite fulfillment of calculated requirement, a deficit or surplus can actually exist.

G. Literaturverzeichnis

Aufhammer, G.: Züchtung und Umweltgestaltung zur Gewinnung qualitativ hochwertiger Brau- und Futtergerste.
Landw. Forschung, Sonderheft 2, 93 - 103 (1952).

Bengtsson, A.: Fodersädens grundkvalitet och växtodlingsåtgärder.
Aktuellt från Lantbrukshögskolan, Heft 132, (1969).

Brune, H.: Die Bedeutung der biologischen Eiweißbewertung für die Ernährung der Schweine.
Ergebn. Landw. Forschung, Justus-Liebig-Uni. Gießen, 5, 29 - 47 (1963).

Brune, H. u. E. Thier : Variabilität der biologischen Proteinqualität verschiedener Getreidearten (Düngungs- u. Standortvarianten).
1. Mitteilung.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 24, 40 - 49 (1968).

2. Mitteilung.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 24, 49 - 54 (1968).

3. Mitteilung.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 24, 89 - 107 (1968).

Daniellson, C.E.: Seed globulins of the graminae and leguminosae.
Biochem. J. 44, 387 - 400 (1949).

Degussa : Aminosäurenmuster von ausgewachsener Gerste.
Degussa-Informationsdienst für die Mischfutterindustrie 2/1971, p. 7.

Dévényi, J.: Single column procedure for the automatic analysis of amino aicds.
Acta. Biochem. et Biophys., Acad. Sci. Hung. 3, 429 - 432 (1968).

Drepper, K.: Die Bedeutung der Stickstoffverbindungen des Bodens und der Pflanzen für die Tierernährung sowie experimentelle Untersuchungen zur Wertbeurteilung des Nahrungsstickstoffs.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 24, 27 - 41 (1967 a).

Drepper, K.: Die Bedeutung der Stickstoffverbindungen des Bodens und der Pflanzen für die Tierernährung sowie experimentelle Untersuchungen zur Wertbeurteilung des Nahrungsstickstoffs.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 24, 88 - 116 (1967 b).

Eggum, B.O.: Evaluation of protein quality and the development of screening techniques.
New Approaches to Breeding for Improved Plant Protein, Intern. Atomic Energy Agency, Wien (1969), p. 125 - 135.

Eggum, B.O.: Über die Abhängigkeit der Proteinqualität vom Stickstoffgehalt der Gerste.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 26, 65 - 71 (1970).

Fischbeck, G.: Untersuchungen über Ausmaß, Sicherheit und Ursachen erblicher Unterschiede im Rohproteingehalt der Sommergerste.
Z. Acker- u. Pflanzenbau 118, 321 - 344 (1963/64).

Frost, D.V.: Methods of measuring the nutritiv value of proteins, protein hydrolyzates and amino acid mixtures. The repletion method.
in : Protein and Amino Acid Nutrition.
Ed. by A.A. Albanese.
Academic Press, New York - London (1959), p. 225 - 279.

Harris, G.: The structural chemistry of barley and malt.
in : Barley and Malt.
Ed. by A.H. Cook.
Academic Press, New York - London (1962), p. 431 - 566.

Hagberg, A. u. K.E. Karlsson : Breeding for high protein content and quality in barley.
New Approaches to Breeding for Improved Plant Protein, Intern. Atomic Energy Agency, Wien (1969), p. 17 - 21.

Hagberg, A., K.E. Karlsson u. L. Munck : Use of hiproly in barley breeding.
Improving Plant Protein by Nuclear Techniques.
Intern. Atomic Energy Agency, Wien (1970), p. 121- 132.

Hennig , A.: Fütterung der Schweine : Eiweiß.
in : Grundlagen der Fütterung, Teil 2.
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin (1971), p. 579 - 585.

Hoffmann, W.: Futtergerstenzüchtung.
in : Handbuch Pflanzenzüchtung, Band 2.
Begründet von Th. Roemer u. W. Rudorf, 2. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin u. Hamburg (1959), p. 402 - 407.

Holz, F. : Automatische Bestimmung von Tryptophan in Proteinen und proteinhaltigen Pflanzenprodukten mit Dimethylaminozimtaldehyd.
Landw. Forschung, Sonderheft 27/2, 96 - 109 (1972).

Jahn-Deesbach, W.: Aktuelle Fragen der Qualitätserzeugung bei Gerste und Weizen.
Ergebn. Landw. Forschung, Justus-Liebig-Uni. Gießen 9, 89 - 99 (1967).

Jahn-Deesbach, W., R. Marquard u. A. Schipper : Untersuchungen über den Einfluß von Sorte und Stickstoffdüngung auf die Eiweißfraktionen von Weizen und Gerste.
Z. Acker- u. Pflanzenbau 132, 151 - 162 (1970).

Johnson, V.A., P.J. Mattern u. J.W. Schmidt : The breeding of wheat and maize with improved nutritional value.
Proc. Nutr. Soc. 29, 20 - 31 (1970).

Kedenburg, C.-P. u. D.Schwarz : Ein einsäulenchromatographisches Verfahren zur Aminosäurenanalyse in Futtermitteln.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 27, 49 - 55 (1970/71).

Kellner, O. u. M. Becker : Die Handelsfuttermittel : Körnerfrüchte.
in : Grundzüge der Fütterungslehre, 14. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin u. Hamburg (1966), p. 129 - 136.

Kirchgessner, M.: Eiweiß und sein Stoffwechsel.
in : Tierernährung, DLG-Verlag, Frankfurt (1970), p. 49 - 76.

Klemme-Berger, B., A. Scheibe, W.J. Schön u. M. Zoschke : Untersuchungen über die Eiweißfraktionen bei Futtergersten.
Z. Acker- u. Pflanzenbau 130 , 86 - 94 (1969a).

Klemme-Berger, B., A. Scheibe u. M. Zoschke : Untersuchungen über die Eiweißfraktionen bei Futtergersten.
Z. Acker- u. Pflanzenbau 130, 239 - 248 (1969b).

Kühnau, J.: Pflanzenqualität und Eiweißernährung bei Mensch und Tier.
Landw. Forschung, Sonderheft 8, 138 - 143 (1956).

Lang, K.: Aminosäurenanreicherung und Aminosäurenimbalanz.
Arch. Tierernährung, Beiheft 8, 5 - 15 (1961).

Limberg, P.: Der Einfluß von Stickstoff auf Entwicklung und Ertragsbildung.
Z. Acker- u. Pflanzenbau 119, 119 - 137 (1964).

Linser, H.: Neuere Entwicklungen auf dem Gebiete der Pflanzenernährung und Düngung.
Ergebn. Landw. Forschung, Justus-Liebig-Uni. Gießen 5, 65 - 88 (1963).

McGeown, P. u. M.F. Maguire : Relationship between crude protein content and amino acid composition of irish barleys.
Irish J. Agric. Res. 6, 221 - 227 (1967).

Michael, G. u. B. Blume : Über den Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Eiweißzusammensetzung des Gerstenkornes.
Z. Pflanzenernährg. Düngg. Bodenkde. 88, 237 - 250 (1960).

Michael, G., B. Blume u. H. Faust : Die Eiweißqualität von Körnern verschiedener Getreidearten in Abhängigkeit von Stickstoffversorgung und Entwicklungszustand. Z. Pflanzenernährg. Düngg. Bodenkde 92, 106 - 116 (1961).

Middleton, G.K., C.E. Bode u. B.B. Bayles : A comparison of the quantity and quality of protein in certain varieties of soft wheat. Agron. J. 46, 500 - 502 (1954).

Mitchell, H.H. u. R.J. Block : Some relationship between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat. J. biol. Chem. 163, 599 - 620 (1946).

Mitchell, H.H. : The dependence of the biological value of food proteins upon their content of essential amino acids. Wiss. Abh. d. Deutsch. Akad. d. Landwirtschaftswiss. zu Berlin Bd. 5/2, 279 - 325 (1954).

Moore, S.: On the determination of cystine as cysteic acid. J. biol. Chem. 238, 235 - 237 (1963).

Morrison, A.B. u. J.A. Campbell : Evaluation of protein in foods. V. Factors influencing the protein efficiency ratio of foods. J. nutrition 70, 112 -118 (1960).

Munck, L.: The variation of nutritional value in barley. 1. Variety and nitrogen fertilizer effects on chemical composition and laboratory feeding experiments. Hereditas 52, 1 - 35 (1964 a).

Munck, L.: Plant breeding and nutritional value in cereals. Hereditas 52, 151 - 165 (1964 b).

Munck, L.: Increasing the nutritional value in cereal protein. Basic research on the hily character. Improving Plant Protein by Nuclear Techniques. Intern. Atomic Energy Agency, Wien (1970 a) p. 319 - 329.

Munck, L.: Gene for improved nutritional value in barley seed protein. Science 168, 985 - 987 (1970 b).

Nehring, K.: Probleme der Eiweißforschung in der Tierernährung. Sitzungsbericht d. Deutschen Akademie d. Landwirtschaftswissenschaften Band 1, Heft 11, S. Hirzel Verlag, Leipzig, (1952) 2 - 27.

Nehring, K.: Untersuchungen über die biologische Wertigkeit von Eiweißfutterstoffen. Arch. Tierernährung, Beiheft 5, 110 - 126 (1954).

Nehring, K.: Pflanzenqualität, Nähr- und Futterwert unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Düngung. Landw. Forschung, Sonderheft 8, 110 - 127 (1956).

Nehring, K. u. I. Schröder : Untersuchungen über die Hydrolyse von Eiweißfutterstoffen.
Arch. Tierernährung 9, 305 - 326 (1959).

Nehring, K.: Düngung, Qualität und Futterwert.
in : Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung.
Herausgeber H. Linser, Springer-Verlag, Wien - New York (1965), Band 3/2, p. 1260 - 1354.

NRC : Evaluation of protein quality of foods from their amino acid content.
in : Evaluation of protein quality.
National Academy of Sciences-National Research Council Washington, D.C. (1963), Publication 1100, p. 13 - 22.

Oser, B.L.: Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein.
J. Amer. Diet. Ass. 27, 396 - 402 (1951).

Pion, R., C. Belsunce u. G. Fauconneau: Dosage de la Cystine dans les aliments.
Annls. Biol. anim. Biochem. Biophys. 3, 191-199 (1963).

Pomeranz, Y., G.S. Robbins, D.M. Wesenberg, E.A. Hockett u. J.T. Gilbertson : Amino acid composition of two-rowed and six-rowed barleys.
J. Agr. Food. Chem. 21, 218 - 221 (1973).

Postel, W.: Der Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf den Eiweißhaushalt von Sommergerstencaryopsen, unter besonderer Berücksichtigung der exogenen Aminosäuren.
Züchter 26, 211 - 239 (1956).

Postel, W.: Studien über exogene Aminosäuren in differenzierten Zonen von Gerstencaryopsen ökologisch verschiedener Standorte.
Z. f. Pflanzenz. 37, 113 - 126 (1957 a).

Postel, W.: Über die Zusammensetzung des Eiweißes der Braugerste an Aminosäuren in Abhängigkeit von Sorte und Standortbedingungen.
Die Brauerei, wissenschaftliche Beilage 10, 3 - 10 (1957 b).

Ray, N. u. B. Bretschneider-Herrmann : Über den Einfluß von Tageslänge, Temperatur und Stickstoffdüngung auf Entwicklung, Wachstum und Ertrag von Sommergerste (Hordeum distichum).
Z. Acker- u. Pflanzenbau 130, 214 - 238 (1969).

Rohrlich, M. u. R. Rasmus : Versuche zur chemischen Differenzierung der Eiweißstoffe des Weizens und Roggens.
Z. Lebensmittel-Unters. u. Forsch. 103, 89 - 96 (1956).

Scheibe, A., W.J. Schön, M. Zoschke u. R. Bauer : Untersuchungen über die Eiweißfraktionen bei Futtergersten. Z. Acker- u. Pflanzenbau 128, 139 - 150 (1968).

Scheibe, A., I. Sünter u. M. Zoschke : Die Anwendung der Rückkreuzungsmethode zur Verbesserung von Eiweißgehalt und Eiweißqualität bei winterannuellen Futtergersten. Z. f. Pflanzenz. 61, 301 - 338 (1969).

Schiller, K. u. H.J. Oslage : Untersuchungen über die Variabilität von Futtergerstenprotein. 1. Mitteilung : Über den Einfluß ökologischer Faktoren auf den Proteingehalt in Gersten und dessen ernährungsphysiologische Qualität. Landw. Forschung 23, 317 - 332 (1970).

Schiller, K.: Untersuchungen über die Variabilität von Futtergerstenprotein. 2. Mitteilung : Über den Einfluß ökologischer Faktoren auf die Verteilung der Eiweißarten im Protein von Gerstenkaryopsen. Landw. Forschung 24, 15 - 33 (1971).

Schmidt, H.: Beiträge zur Züchtung eiweißreicher Futtergersten. Z. f. Pflanzenz. 40, 189 - 214 (1958).

Scholz, F.: Mutationsversuche an Kulturpflanzen. IX. Über den Rohproteingehalt röntgeninduzierter Gerstenmutanten. Züchter 28, 289 - 296 (1958).

Scholz, F.: Versuche zur züchterischen Steigerung des Eiweißgehalts der Gerste mit Hilfe der experimentellen Mutationsauslösung. Qual. Plant. Mat. Veg. 6, 276 - 288 (1960).

Scholz, F.: Qualitätsprobleme in der Futtergerstenzüchtung, dargestellt an Ergebnissen von Mutationsversuchen. Z. f. Pflanzenz. 44, 105 - 128 (1961).

Schön, W.J.: Analyses of proteins and amino acids in protein-rich barley strains. Improving Plant Protein by Nuclear Techniques. Intern. Atomic Energy Agency, Wien (1970),p. 265 - 273.

Schuphan, W. u. W. Postel : Studien über exogene Aminosäuren im Eiweiß von Gerstencaryopsen unter dem Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren. Naturwissenschaften 43, 473 (1956).

Schuphan, W.: Die Bedeutung der EAS-Indices nach B.L. Oser für die objektive Ermittlung einer physiologisch ausgewogenen Düngung. Landw. Forschung, Sonderheft 14, 114 - 121 (1960a).

Schuphan, W.: Diskussionsbeitrag. Qual. Plant. Mat. Veg. 6, 288 - 290 (1960b).

Schuphan, W. u. E. Schwerdtfeger : Die essentiellen Aminosäuren der Nahrungspflanzen in ihrer Beziehung zur menschlichen Ernährung.
Nahrung 9, 755 - 782 (1965).

Schuphan, W.: Eiweißproblem.
in: Tätigkeitsbericht 20 Jahre BAQ der Bundesanstalt für Qualitätsforschung pflanzlicher Erzeugnisse, Geisenheim/Rheingau (1971), S. 72 - 82.

Sturm, H. u. J. Jung : Nährstoffumsatz und Eiweißertrag für Futtergetreide in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung.
Landw. Forschung, Sonderheft 28/2, 264 - 272 (1973).

Thier, E.: Variabilität und Differenzierungsvermögen junger Schweine für die biologische Bestimmung der Eiweißqualität.
Diss. Landw. Fak. Gießen (1964).

Thier, E.: Beeinflußung der Eiweißqualität verschiedener Futtermittel durch Düngungsmaßnahmen.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtelmittelkde. 22, 46 - 48 (1966/67).

Thomke, S.: Über die Veränderung des Aminosäuregehaltes der Gerste mit steigendem Stickstoffgehalt.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 27, 23 - 31 (1970/71).

Ulonska, E., A. Fritz u. W. Lenz : Ergebnisse der Ertrags- und Qualitätsuntersuchungen an Winter- und Sommergerstensorten aus den Landessortenversuchen der Bundesrepublik Deutschland 1966 und 1967.
Braugerstenjahrbuch 1968, p. 15 - 72.

Ulonska, E., W. Lenz, M. Baumer u. A. Fritz : Ergebnisse der Ertrags- und Qualitätsuntersuchungen an Winter- und Sommergerstensorten aus den Landessortenversuchen der Bundesrepublik Deutschland 1970.
Braugerstenjahrbuch 1971, p. 7 - 45.

Urion, M.E.: L'azote, problème majeur en brasserie.
Pet. J. Brass. 60, 888 - 892 (1952).

Viuf, B.T.: Breeding of barley varieties with high protein content with respect to quality.
New Approaches to Breeding for Improved Plant Protein, Intern. Atomic Energy Agency, Wien (1969), p. 23 - 28.

Völker, L.: Untersuchungen über den Einfluß einer späten zusätzlichen Stickstoffdüngung auf den Gehalt einiger Aminosäuren im Getreideeiweiß.
Diss. Landw. Fak., Gießen (1960 a).

Völker, L.: Über den Einfluß einer späten zusätzlichen Stickstoffdüngung auf den Gehalt einiger Aminosäuren im Getreideeiweiß.
Landw. Forschung 13, 307 - 316 (1960 b).

Völker, L.: Über den Einfluß der späten zusätzlichen Stickstoffdüngung auf die Eiweißzusammensetzung bei Getreide.
Getreide und Mehl 12, 33 - 36 (1962).

Waldschmidt-Leitz, E. u. R. Mindemann : Über Zusammensetzung und Eigenart der Glutenine in Getreidemehlen.
Z. physiol. Chem. 308, 257 - 262 (1957).

Waldschmidt-Leitz, E. u. H. Brutscheck : Über die Zusammensetzung der elektrophoretisch unterscheidbaren Komponenten des Hordeins.
Z. physiol. Chem. 311, 1 - 5 (1958 a).

Waldschmidt-Leitz, E.: Einzelbeschreibung pflanzlicher Proteine.
in : Handbuch Pflanzenphysiologie. Herausgeber : W. Ruhland, Springer-Verlag, Berlin (1958 b), Band 8, p.299 - 314.

Waldschmidt-Leitz, E. u. G. Kloos : Über die Veränderlichkeit des Komponentenverhältnisses im Hordein.
Z. physiol. Chem. 314, 218 - 223 (1959).

Waldschmidt-Leitz, E. u. G. Kloos : Über den Einfluß von Düngungs- und Standortbedingungen auf die Zusammensetzung des Hordeins.
Z. physiol. Chem. 321, 114 - 119 (1960).

Waldschmidt-Leitz, E., R. Mindemann u. L. Keller : Versuche zur Fraktionierung des Glutenins aus Gerste.
Z. physiol. Chem. 323, 93 - 97 (1961 a).

Waldschmidt-Leitz, E. u. K. Hochstraßer : Über die Albumine aus Gerste und Weizen.
Z. physiol. Chem. 324, 243 - 249 (1961 b).

White-Stevens, R.: Eiweißbeschaffung für sieben Milliarden Menschen im einundzwanzigsten Jahrhundert.
Mitteilung für Tierhaltung 104, 3 - 11 (1966).

Zoschke, M.: Die Stickstoffernährung bei Futtergersten.
1. Gefäßversuche mit verschiedenen Sommergerstengenotypen.
Z. Acker- u. Pflanzenbau 125, 22 - 39 (1967).

Zoschke, M.: Effect of additional nitrogen nutrition at later growth stages on protein content and quality in barley.
Improving Plant Protein by Nuclear Techniques.
Intern. Atomic Energy Agency, Wien (1970), p. 345 - 356.

Zoschke, M.: Stickstoffernährung und Eiweißbildung bei Futtergersten (Hordeum vulgare L.).
in : Fortschritte im Acker- u. Pflanzenbau, Heft 2.
Paul Parey Verlag, Berlin u. Hamburg (1973).

Tabelle C Sommergerstensorten und -stämme

Anbau-Nr.	Sortenbezeichnung	Anbau-Nr.	Sortenbezeichnung
1	Ackermanns Donaria	25	Brevia
2	Ackermanns MGZ	26	Hornisse
3	Bido	27	Breuns Wisa
4	Carina	28	Nota
5	Inis	29	Volla
6	Matura	30	Villa
7	Multum	31	Columba
8	Asse	32	Contra
9	Askania	33	Felda
10	Stankas Frühgerste	34	Johanna
11	Medusa	35	Vuni
12	Union	36	Gerda
13	Amsel	37	Lisa
14	Emir	38	Ingrid
15	Oriol	39	Perfekta
16	Ortolan	40	Kocherperle
17	Una	41	Impala
18	Ulme	42	Siegperle (St. LSA)
19	Piroline	43	Midas
20	Julia	44	Ararat
21	Quantum	45	Alma
22	Aspa	46	Sultan
23	Aspana	47	Allasch
24	Nackta		

Tabelle D Wintergerstensorten und -stämme

Anbau-Nr.	Sortenbezeichnung	Anbau-Nr.	Sortenbezeichnung
1	Ago	14	Vogelsanger Gold
2	Atlanits	15	Wigo
3	Atlas	16	Malta
4	Dunja	17	Reform
5	Dura	18	Sonja
6	Hauters Wintergerste	19	Mirra
7	Inka	20	Morgenröte
8	Jaspis	21	Korona
9	Mädru	22	Brucker 4 Zeil.
10	Perga	23	Igri
11	Regia	24	Irla
12	Senta	25	Defor
13	Tocka	26	Dea

Tabelle E: Integrationskonstanten einer Testprobe (n = 10)

g Aminosäuren in 100 g Rohprotein

	Probenmittelwert	Standardabweichung	Variationskoeffizient
Asparaginsäure	6, 99	± .32	4. 58
Threonin	4, 05	± .09	2. 22
Serin	5, 25	± .16	3. 04
Glutaminsäure	29, 60	± .75	2. 53
Prolin	13, 58	± .50	3. 68
Glycin	4, 62	± .18	3. 89
Alanin	4, 64	± .19	4. 09
Valin	6, 35	± .16	2. 51
Isoleucin	4, 70	± .24	5. 10
Leucin	7. 34	± .47	6. 40
Tyrosin	3, 32	± .18	5. 42
Phenylalanin	6, 47	± .56	8. 65
Lysin	4, 25	± .15	3. 52
Histidin	3, 25	± .13	4. 00
Arginin	5, 69	± .18	3. 16

Tabelle F: Sommergerstensorten und -stämme

Grenz- und Mittelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein) sowie der Rohproteingehalte und der EAA-Indices (nach Oser 1951).

	1. Düngungsstufe (45 kg n/ha)	Mittelwert	2. Düngungsstufe (45 + 30 kg N/ha)	Mittelwert
Asparaginsäure	5.66 - 7.52	6.50	5.53 - 6.60	6.13
Threonin	3.05 - 4.00	3.51	2.97 - 3.73	3.37
Serin	3.42 - 4.79	4.20	3.25 - 4.66	4.17
Glutaminsäure	20.41 - 25.86	22.61	20.93 - 26.53	24.14
Prolin	8.94 - 12.12	10.21	9.94 - 12.31	11.08
Glycin	3.80 - 4.94	4.28	3.70 - 4.54	4.06
Alanin	3.79 - 5.04	4.32	3.66 - 4.56	4.08
Cystin-Halbe	1.39 - 2.17	1.88	1.46 - 2.06	1.81
Valin	4.99 - 6.21	5.52	4.84 - 5.76	5.35
Methionin	0.85 - 2.08	1.41	0.89 - 1.74	1.35
Isoleucin	3.62 - 4.89	4.20	3.28 - 4.77	4.07
Leucin	6.26 - 8.55	7.43	6.29 - 8.06	7.19
Tyrosin	2.03 - 3.09	2.70	2.46 - 3.11	2.83
Phenylalanin	4.42 - 5.66	5.01	4.15 - 5.62	4.96
Lysin	3.61 - 4.60	4.09	3.38 - 4.88	3.87
Histidin	1.88 - 3.11	2.39	2.08 - 2.73	2.31
Arginin	4.37 - 5.65	5.24	4.48 - 5.54	5.05
% RP in TS[1)]	8.21 - 13.76	9.75	10.05 - 14.16	11.46
EAA-Index	65.61 - 77.30	72.16	63.21 - 76.45	69.68

1) Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle G: Wintergerstensorten

Grenz- und Mittelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein) sowie der Rohproteingehalte und der EAA-Indices (nach Oser 1951).

	1. Düngungsstufe (30 kg N/ha)	Mittelwert	2. Düngungsstufe (30+30+20 kg N/ha)	Mittelwert
Asparaginsäure	5.90 - 7.07	6.44	5.08 - 7.03	5.94
Threonin	3.03 - 4.07	3.61	2.90 - 3.93	3.42
Serin	3.67 - 5.05	4.41	3.78 - 4.93	4.31
Glutaminsäure	22.08 - 25.85	24.04	23.37 - 28.61	25.35
Prolin	9.98 - 12.26	11.10	9.83 - 14.56	11.78
Glycin	3.70 - 4.90	4.30	3.51 - 4.69	4.12
Alanin	3.56 - 4.72	4.26	3.41 - 4.95	4.06
Cystin-Halbe	1.56 - 2.05	1.81	1.64 - 2.26	1.80
Valin	5.03 - 5.80	5.44	4.66 - 5.88	5.26
Methionin	0.83 - 1.44	1.07	0.80 - 1.84	1.11
Isoleucin	3.32 - 4.62	3.96	3.09 - 4.25	3.78
Leucin	6.60 - 7.56	7.06	6.08 - 7.51	6.87
Tyrosin	2.63 - 3.19	2.96	2.66 - 3.44	3.03
Phenylalanin	4.96 - 5.78	5.32	4.59 - 5.79	5.25
Lysin	3.40 - 4.34	3.89	3.12 - 4.13	3.68
Histidin	1.57 - 2.67	2.45	1.98 - 2.80	2.41
Arginin	4.43 - 5.62	5.08	4.10 - 5.32	4.76
% RP in TS [1)]	9.40 - 12.90	10.85	11.14 - 14.08	12.62
EAA-Index	64.04 - 74.60	69.32	61.62 - 74.96	67.03

1) Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle H:

Vergleich einiger Literaturangaben über die durchschnittlichen Aminosäure gehalte von Gersteneiweiß (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein)

	Pion (1963)	Mc-Goewn (1967)	Degussa (1971)	Schiller (1971)	Pomeranz (1973)	eigene Ergebnisse (Grenzwerte)	(Mittelwerte)
Asparaginsäure	5.90	5.95	6.56	5.70	7.00	5.08-7.52	6.27
Threonin	3.40	2.88	3.25	3.45	3.40	2.90-4.07	3.47
Serin	4.20	3.90	4.13	4.05	3.80	3.25-5.05	4.25
Glutaminsäure	22.10	22.62	23.04	20.35	24.80	20.41-28.61	23.84
Prolin	-	-	12.89	8.65	11.20	8.94-14.56	10.93
Glycin	4.20	3.95	3.95	4.05	4.20	3.51-4.94	4.19
Alanin	4.30	4.28	4.20	4.05	4.20	3.41-5.04	4.19
Cystin-Halbe	2.70	2.50	1.74	2.40	1.30	1.39-2.26	1.83
Valin	5.50	4.44	5.38	4.65	5.20	4.66-6.31	5.40
Methionin	1.40	1.39	2.55	1.80	2.40	0.83-2.08	1.28
Isoleucin	3.70	3.94	3.66	3.30	3.70	3.09-4.89	4.04
Leucin	6.80	6.59	6.84	6.35	6.80	6.08-8.55	7.19
Tyrosin	3.10	3.11	3.15	3.05	2.50	2.03-3.44	2.85
Phenylalanin	4.60	4.80	5.23	4.55	5.20	4.15-5.79	5.09
Lysin	3.70	3.41	3.75	3.80	3.80	3.12-4.88	3.91
Histidin	2.20	1.89	2.33	2.10	2.40	1.57-3.11	2.38
Arginin	4.80	5.39	5.19	4.90	5.10	4.10-5.65	5.06
% RP in TS [1)]	10.34	9.57	11.37	10.55	12.80	8.21-14.16	11.01

1) Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle I/a: Sommergerstensorten und -stämme

g Lysin pro kg Gerste - bezogen auf Trockensubstanz - im Vergleich zur prozentualen Bedarfsdeckung an Lysin bei Verfütterung einer "Modellration" an Schweine mit einem Körpergewicht von 50 kg (siehe Seite 5o).

	1. Düngungsstufe		2. Düngungsstufe	
Anbaunummer	g Lysin	%-Bedarfsdekkung	g Lysin	%-Bedarfsdekkung
15	3.37	21.1	4.06	25.4
21	3.43	21.4	3.92	24.5
16	3.52	22.0	3.85	24.1
45	3.53	22.0	4.57	28.6
3	3.62	22.6	3.68	23.0
11	3.72	23.3	4.13	25.8
9	3.73	23.3	4.03	25.2
4	3.74	23.4	3.92	24.5
44	3.75	23.4	4.15	25.9
8	3.77	23.5	3.88	24.3
26	3.77	23.6	4.29	26.8
46	3.83	23.9	4.14	25.9
19	3.84	24.0	3.81	23.8
20	3.84	24.0	3.95	24.7
40	3.91	24.4	4.59	28.7
43	3.94	24.6	4.31	26.9
28	3.95	24.7	4.43	27.7
47	3.95	24.7	4.32	27.0
30	3.96	24.8	4.60	28.8
36	3.97	24.8	4.05	25.3
17	3.97	24.8	4.77	29.8
42	3.98	24.9	4.45	27.8
39	4.00	25.0	4.64	29.0
31	4.01	25.1	4.78	29.9

Tabelle I, a:

(Fortsetzung)

	1. Düngungsstufe		2. Düngungsstufe	
Anbaunummer	g Lysin	%-Bedarfsdekkung	g Lysin	%-Bedarfsdekkung
7	4.02	25.1	4.46	27.9
12	4.02	25.1	4.30	26.9
37	4.03	25.2	4.51	28.2
22	4.04	25.3	4.73	29.6
25	4.04	25.3	4.55	28.4
1	4.05	25.3	4.39	27.4
5	4.07	25.4	4.69	29.3
18	4.10	25.6	4.11	25.7
41	4.13	25.8	4.69	29.3
10	4.15	25.9	4.77	29.8
23	4.17	25.9	4.58	28.6
27	4.17	26.1	4.44	27.8
35	4.17	26.1	4.38	27.4
34	4.19	26.2	4.54	28.4
6	4.20	26.3	4.53	28.3
29	4.20	26.3	4.76	29.8
13	4.33	26.8	4.37	27.3
14	4.39	27.1	4.10	25.6
32	4.39	27.4	4.77	29.8
2	4.41	27.6	4.44	27.8
38	4.45	27.8	4.90	30.6
33	4.66	29.1	5.01	31.3
24	4.97	31.1	5.27	32.9
Durchschnittswert	4.01	25.1	4.39	27.4

Tabelle I/ b: Wintergerstensorten und -stämme

g Lysin pro kg Gerste - bezogen auf Trockensubstanz - im Vergleich zur prozentualen Bedarfsdeckung an Lysin bei Verfütterung einer "Modellration" an Schweine mit einem Körpergewicht von 5o kg (siehe Seite 5o).

	1. Düngungsstufe		2. Düngungsstufe	
Anbaunummer	g Lysin	%-Bedarfsdekkung	g Lysin	%-Bedarfsdekkung
10	3.48	21.8	4.40	27.5
8	3.68	23.0	4.07	25.4
6	3.68	23.0	4.69	29.3
25	3.86	24.1	4.92	30.8
2	3.94	24.6	4.48	28.0
7	3.94	24.6	4.68	29.3
19	3.95	24.7	4.40	27.5
3	3.98	24.9	4.00	25.0
9	4.00	25.0	4.48	28.0
4	4.02	25.1	4.60	28.8
24	4.10	25.6	4.53	28.3
26	4.14	25.9	4.71	29.4
13	4.23	26.4	4.29	26.8
20	4.24	26.5	5.22	32.6
21	4.25	26.6	4.93	30.8
14	4.28	26.8	4.31	26.9
12	4.30	26.9	4.04	25.3
17	4.36	27.3	4.47	27.9
1	4.40	27.5	4.22	26.4
22	4.43	27.7	5.25	32.8
11	4.46	27.9	4.53	28.3
5	4.50	28.1	4.68	29.3
15	4.72	29.5	4.89	30.6
23	4.73	29.6	4.76	29.8
18	4.87	30.4	4.95	30.9
16	5.01	31.3	5.46	34.1
Durchschnittswert	4.21	26.3	4.61	28.8

Tabelle J/a: Sommergerstensorten und -stämme

Gesamt- und Lysinertrag pro ha.

	1. Düngungsstufe		2. Düngungsstufe	
Anbaunummer	Ertrag dz/ha	Lysin kg/ha	Ertrag dz/ha	Lysin kg/ha
24	10.0	4.97	27.0	14.23
2	31.4	13.85	33.0	14.65
18	33.0	13.53	38.0	15.61
17	33.4	13.26	27.4	13.07
43	33.4	13.16	37.6	16.21
1	34.2	13.85	37.4	16.42
40	34.8	13.61	37.4	13.43
7	36.4	14.63	46.6	20.78
12	36.8	14.79	40.0	17.20
19	36.8	14.13	40.6	15.47
41	37.2	15.36	37.6	17.63
21	37.4	12.83	44.6	17.48
47	37.4	14.77	38.6	16.68
38	37.8	16.82	38.4	18.82
25	38.0	15.35	40.6	18.47
42	38.0	15.12	36.8	16.38
10	38.8	16.10	35.0	16.70
37	38.8	15.64	41.8	18.85
9	39.0	14.55	40.4	16.28
22	39.0	15.76	42.4	20.06
44	39.0	14.63	45.4	18.84
14	39.4	17.30	43.0	17.63
5	39.6	16.12	38.8	18.20
28	39.8	15.72	39.2	17.37

T a b e l l e J / a :

(Fortsetzung)

	1. Düngungsstufe		2. Düngungsstufe	
Anbaunummer	Ertrag dz/ha	Lysin kg/ha	Ertrag dz/ha	Lysin kg/ha
3	40.0	14.48	39.2	14.43
15	40.0	13.48	38.8	15.75
31	40.0	16.04	40.6	19.41
46	40.0	15.32	40.4	16.73
36	40.8	16.20	39.8	16.12
39	40.8	16.32	39.6	18.37
6	41.0	17.22	43.4	19.66
11	41.2	15.33	42.4	17.51
16	41.8	14.71	37.2	14.32
34	41.8	17.51	37.2	16.89
26	42.6	16.06	48.0	20.59
45	42.6	15.04	43.6	19.93
4	43.0	16.08	43.8	17.17
20	43.0	16.51	47.0	18.57
29	43.2	18.14	40.4	16.89
30	43.4	17.19	44.2	20.33
32	43.4	19.05	42.4	20.22
27	44.0	18.35	44.0	19.54
35	44.4	18.52	42.8	18.74
23	45.0	18.37	43.0	19.70
33	45.0	20.97	43.4	21.74
13	45.4	19.66	45.2	19.75
8	47.8	18.02	48.8	18.93

Tabelle J/b: Wintergerstensorten und -stämme

Gesamt- und Lysinertrag pro ha.

	1. Düngungsstufe		2. Düngungsstufe	
Anbaunummer	Ertrag dz/ha	Lysin kg/ha	Ertrag dz/ha	Lysin kg/ha
3	30.4	12.10	50.8	20.32
1	34.2	15.05	51.0	21.52
22	38.0	16.83	42.0	22.05
2	39.4	15.52	53.8	24.10
18	43.2	21.04	50.8	25.15
7	43.4	17.10	49.4	23.11
6	44.0	16.19	52.0	24.39
26	45.0	18.63	47.1	22.18
5	45.2	20.34	48.4	22.65
25	45.2	17.45	42.0	20.66
16	46.2	23.15	43.0	23.48
24	46.4	19.02	41.4	18.75
21	47.0	19.98	48.8	24.06
11	47.2	21.05	47.2	21.38
10	47.6	16.56	54.4	23.94
8	48.0	17.66	49.2	20.02
13	48.0	20.30	45.8	19.65
17	48.6	21.19	42.8	19.13
4	49.8	20.02	56.0	25.76
12	49.8	21.41	41.0	16.56
23	50.4	23.84	53.4	25.42
9	50.6	20.24	52.4	23.48
20	50.8	21.54	47.6	24.85
19	51.4	20.30	58.0	25.52
15	53.0	25.02	49.2	24.10
14.	61.6	26.36	58.2	25.08

Tabelle K:

Aminosäurengehalte des Volleiproteins (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein)

(aus "Evaluation of Protein Quality" NRC, 1963)

Threonin	5,0	Phenylalanin	5,8
Valin	7,4	Lysin	6,6
Methionin	3,1	Histidin	2,4
Isoleucin	6,6	Arginin	6,6
Leucin	8,8		

Tabelle 1: Sommergerstensorten und -stämme

1. Düngungsstufe (45 kg N/ha)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr.:	26	21	15	8	9	43	45	4	23	31	6	20
Asparaginsäure	6.52	6.85	6.42	6.90	6.33	6.50	6.22	6.10	7.01	7.14	7.52	6.19
Threonin	3.33	3.55	3.58	3.49	3.44	3.47	3.31	3.32	4.00	3.92	3.95	3.42
Serin	4.73	4.70	4.37	4.06	3.83	4.16	4.08	4.10	4.70	4.67	4.78	4.07
Glutaminsäure	21.82	22.75	22.39	20.98	21.34	20.85	22.32	22.40	25.03	24.11	23.03	21.99
Prolin	10.27	10.36	10.12	8.94	9.50	9.72	9.79	10.17	11.10	10.80	10.02	9.56
Glycin	4.26	4.60	4.19	4.56	4.24	4.34	4.10	3.91	4.78	4.71	4.72	4.12
Alanin	4.78	4.71	4.26	4.36	4.23	4.35	4.14	3.99	4.53	4.82	4.94	4.10
Cystin-Hälbe	2.06	1.94	1.92	1.76	1.88	1.92	2.12	2.03	2.11	2.05	1.88	1.72
Valin	5.58	5.90	5.78	5.44	5.14	5.11	5.32	4.99	5.97	5.28	5.76	5.32
Methionin	1.56	1.38	1.57	1.92	1.49	1.29	1.34	1.65	1.38	1.41	1.58	1.35
Isoleucin	4.37	4.26	4.24	4.07	4.03	3.94	4.14	3.93	4.64	4.32	4.19	3.82
Leucin	7.74	7.84	7.55	7.35	7.49	7.62	6.94	7.39	7.89	7.45	7.11	7.26
Tyrosin	2.28	2.92	2.59	2.66	3.06	2.73	2.36	2.82	2.21	3.09	3.03	2.70
Phenylalanin	4.79	5.10	5.28	4.60	5.08	4.55	4.59	4.99	5.31	4.52	5.28	4.71
Ammoniak	2.87	2.83	2.70	2.80	3.03	2.44	2.77	2.87	3.45	3.14	3.07	2.70
Lysin	4.59	4.16	3.92	4.21	4.14	4.32	3.87	4.07	4.52	4.35	4.55	4.13
Histidin	2.50	2.36	2.27	2.10	2.43	2.25	2.34	2.58	2.66	2.55	2.51	2.31
Arginin	5.19	5.18	5.65	5.59	5.69	4.90	4.89	5.16	5.47	5.88	5.51	5.10
% RP in TS 1)	8.21	8.25	8.59	8.95	9.00	9.13	9.13	9.18	9.18	9.21	9.22	9.30
EAA-Index	74.33	73.42	74.16	73.34	72.27	69.30	68.70	72.17	77.74	74.24	76.34	69.78

1) % RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle 1: (Fortsetzung)

1. Düngungsstufe (45 kg N/ha)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr.:	19	16	47	30	28	42	11	32	5	44	25	3
Asparaginsäure	6.32	6.71	6.12	6.57	6.58	6.47	6.68	6.43	7.26	5.91	6.34	6.53
Threonin	3.43	3.52	3.34	3.65	3.67	3.48	3.45	3.64	3.98	3.05	3.26	3.51
Serin	3.99	4.35	3.86	4.23	4.51	4.18	4.25	4.44	4.79	3.42	3.51	3.98
Glutaminsäure	20.85	23.69	21.20	23.56	23.44	20.66	21.99	22.66	23.37	20.14	21.80	22.21
Prolin	9.05	10.63	9.84	10.80	10.58	9.31	9.52	10.22	10.24	9.35	10.15	9.86
Glycin	4.31	4.23	4.07	4.33	4.40	4.22	4.24	4.44	4.92	4.04	4.28	4.24
Alanin	4.28	4.26	4.04	4.26	4.47	4.26	4.29	4.46	5.04	4.06	4.32	4.24
Cystin-Halbe	2.17	1.92	1.95	1.92	1.39	1.73	1.83	1.84	2.02	1.74	1.52	1.94
Valin	5.29	5.63	5.35	5.45	5.96	5.49	5.60	5.73	6.31	5.29	5.38	5.03
Methionin	1.39	1.89	1.27	1.52	1.32	0.85	1.28	1.59	1.20	1.22	1.05	1.09
Isoleucin	3.80	4.49	4.23	4.89	4.36	4.12	4.16	4.59	4.48	4.08	3.97	3.67
Leucin	7.05	7.76	7.06	7.24	6.96	7.51	7.45	7.57	8.55	7.19	7.55	6.93
Tyrosin	2.67	2.86	2.59	2.73	2.73	2.47	2.72	2.85	3.06	2.03	2.63	2.54
Phenylalanin	5.14	4.97	4.84	5.17	5.13	4.67	4.99	5.09	5.47	5.39	4.86	4.54
Ammoniak	2.63	3.08	2.63	2.87	2.91	2.58	2.82	2.89	3.17	2.63	2.75	2.70
Lysin	4.11	3.74	4.19	4.19	4.17	4.19	3.92	4.60	4.26	3.91	4.22	3.74
Histidin	2.34	2.16	2.15	2.18	3.11	2.27	2.26	2.39	2.62	2.10	2.20	2.28
Arginin	4.84	5.34	4.78	5.68	5.09	4.65	5.15	5.21	5.65	5.14	5.08	4.80
% RP in TS 1)	9.34	9.42	9.42	9.45	9.46	9.49	9.50	9.55	9.55	9.58	9.58	9.67
EAA-Index	69.94	74.33	68.89	74.55	74.82	66.57	70.53	75.85	77.30	68.70	68.06	65.61

1) %RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle 1: (Fortsetzung)

1. Düngungsstufe (45 kg N/ha)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr.:	41	40	37	7	22	46	13	35	27	12	14
Asparaginsäure	6.27	6.16	6.90	6.71	6.77	5.69	7.39	5.87	6.64	6.78	7.18
Threonin	3.58	3.39	3.49	3.46	3.88	3.07	3.82	3.42	3.64	3.57	3.67
Serin	4.27	3.98	4.16	4.49	3.75	3.79	4.57	4.10	4.64	4.72	4.21
Glutaminsäure	23.05	22.05	21.68	23.14	23.95	20.41	25.71	21.11	22.43	24.40	23.28
Prolin	10.30	10.28	10.14	10.33	10.80	9.59	11.07	9.75	10.41	10.52	10.43
Glycin	4.23	4.06	4.31	4.30	4.67	3.96	4.58	3.87	4.33	4.51	4.62
Alanin	4.28	4.01	4.44	4.29	4.46	3.88	4.76	3.87	4.31	4.47	4.89
Cystin-Halbe	1.93	1.63	2.00	1.99	1.98	1.95	1.76	1.88	1.86	1.95	1.81
Valin	5.55	5.33	5.79	5.48	5.75	5.22	6.02	5.07	5.35	5.77	6.01
Methionin	1.25	1.21	0.92	1.67	1.87	1.18	1.71	1.12	1.21	1.50	1.43
Isoleucin	4.19	3.84	4.23	4.19	4.28	3.64	4.77	4.05	3.79	4.51	4.21
Leucin	7.98	7.50	7.65	7.80	7.43	7.23	7.81	7.80	7.03	7.78	7.72
Tyrosin	2.64	2.71	2.77	3.08	2.41	2.81	3.02	2.14	2.14	2.81	2.97
Phenylalanin	4.84	4.86	5.21	5.24	4.99	5.04	5.27	5.30	5.10	5.05	5.66
Ammoniak	2.97	2.70	3.04	2.95	2.89	2.69	3.28	2.50	2.97	3.08	3.09
Lysin	4.24	4.01	4.13	4.11	4.13	3.90	4.34	4.22	4.21	4.05	4.33
Histidin	2.48	2.31	2.44	2.46	2.39	1.88	2.59	2.60	2.49	2.31	2.47
Arginin	4.93	5.20	5.14	5.44	5.54	5.26	5.85	4.96	4.37	5.52	5.86
% RP in TS 1)	9.75	9.75	9.76	9.78	9.78	9.82	9.82	9.89	9.90	9.92	10.01
EAA-Index	72.06	69.22	69.97	75.17	76.49	66.06	79.42	70.64	69.18	74.42	76.53

1) % RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle 1: (Fortsetzung)

1. Düngungsstufe (45 kg N/ha)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr.:	39	29	34	36	10	17	18	38	33	1	2	24
Asparaginsäure	6.04	5.66	6.49	5.93	7.07	6.23	6.45	6.29	6.16	6.45	7.10	5.80
Threonin	3.27	3.14	3.76	3.27	3.25	3.55	3.29	3.34	3.53	3.60	3.86	3.19
Serin	3.75	3.82	4.54	3.95	4.05	3.69	3.98	4.22	4.35	4.46	4.40	3.58
Glutaminsäure	20.46	20.44	23.69	20.48	24.89	24.55	24.14	22.03	22.68	24.21	23.21	25.86
Prolin	9.38	9.40	10.83	9.27	10.93	11.40	10.94	10.44	10.38	10.98	10.30	12.12
Glycin	3.95	3.80	4.30	3.90	4.33	4.28	4.20	4.25	4.01	4.13	4.35	3.96
Alanin	4.11	3.79	4.41	3.97	4.47	4.20	4.27	4.24	4.23	4.14	4.34	3.99
Cystin-Halbe	1.91	1.68	1.88	1.90	1.88	1.76	1.69	2.02	1.86	1.89	1.98	1.85
Valin	5.31	5.29	5.58	5.08	5.76	5.84	5.80	5.75	5.60	5.32	5.27	5.27
Methionin	1.21	1.34	1.16	1.24	1.56	1.70	1.44	1.47	1.39	1.87	2.08	1.28
Isoleucin	4.15	4.50	4.41	3.99	4.39	4.56	4.45	3.89	4.33	4.12	3.97	4.25
Leucin	7.04	6.26	7.16	7.31	7.76	7.39	7.28	7.76	7.18	7.21	7.17	7.37
Tyrosin	2.13	2.41	2.77	2.52	2.97	2.73	3.00	2.67	2.83	2.81	2.91	2.71
Phenylalanin	4.55	4.53	4.99	4.42	5.31	5.84	5.18	4.98	5.02	5.22	4.81	5.11
Ammoniak	2.61	2.52	2.86	2.49	3.79	3.10	3.10	2.68	2.76	2.90	2.63	3.19
Lysin	3.99	3.80	4.16	3.92	4.09	3.87	3.89	4.18	4.28	3.71	3.99	3.61
Histidin	2.21	2.47	2.37	2.38	2.42	2.58	2.37	2.36	2.36	2.85	2.45	2.18
Arginin	5.43	4.99	5.18	4.77	5.47	5.46	4.89	5.32	5.33	5.20	5.28	5.27
% RP in TS 1)	10.02	10.05	10.08	10.13	10.15	10.25	10.63	10.64	10.89	10.92	11.05	13.76
EAA-Index	68.35	68.41	71.44	67.54	74.51	77.04	69.81	72.47	72.76	75.06	74.88	68.98

1) % RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle 2: Sommergerstensorten und -stämme

2. Düngungsstufe (zusätzlich 30 kg N/ha zum Zeitpunkt der Blüte)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr. :	26	21	15	8	9	43	45	4	23	31	6	20
Asparaginsäure	6.17	5.98	6.52	5.97	6.60	5.65	6.34	5.88	6.43	6.42	6.32	5.70
Threonin	3.53	3.48	3.36	3.22	3.58	3.21	3.53	3.19	3.73	3.68	3.40	3.14
Serin	4.49	4.13	4.52	3.85	4.07	3.80	4.33	3.95	4.55	4.71	4.21	4.23
Glutaminsäure	23.86	25.22	24.96	22.67	23.37	21.75	25.20	23.34	25.64	25.01	25.03	22.50
Prolin	11.18	11.42	11.29	10.15	10.73	10.23	11.13	10.32	11.42	11.40	10.88	10.26
Glycin	4.12	4.17	4.26	4.04	4.33	3.89	4.13	3.95	4.35	4.41	4.27	3.91
Alanin	4.29	4.13	4.34	3.87	4.31	3.80	4.22	3.83	4.19	4.48	4.29	3.96
Cystin-Halbe	1.85	1.92	1.81	1.58	1.79	1.79	2.06	1.79	1.91	1.91	1.78	1.86
Valin	5.76	5.26	5.48	4.84	5.35	5.23	5.58	4.88	5.68	5.05	5.50	5.09
Methionin	1.21	1.59	1.29	-	1.28	1.25	0.89	1.67	1.62	1.47	1.52	1.15
Isoleucin	4.73	3.35	4.18	3.31	4.10	4.25	3.89	3.76	4.62	4.13	3.93	3.79
Leucin	7.18	7.46	7.25	6.29	7.17	7.11	7.09	7.28	7.01	7.60	7.29	6.80
Tyrosin	2.83	2.92	3.04	2.56	2.89	2.64	3.14	2.51	3.11	3.13	2.89	2.63
Phenylalanin	5.30	5.27	4.68	4.20	5.22	4.59	4.79	4.34	5.26	4.59	4.98	4.50
Ammoniak	2.96	2.88	3.14	2.65	3.02	2.72	3.12	2.63	3.21	3.20	3.05	2.62
Lysin	4.04	3.90	3.85	3.47	3.85	3.76	3.89	3.51	4.06	4.44	3.95	3.90
Histidin	2.32	2.41	2.13	2.10	2.33	2.19	2.74	2.14	2.33	2.56	2.33	2.10
Arginin	5.36	5.11	5.01	-	5.23	4.77	5.60	4.59	5.38	5.68	5.40	4.95
% RP in TS 1)	10.63	10.05	10.55	11.17	10.46	11.45	11.75	11.18	11.27	10.76	11.47	10.13
EAA-Index	72.46	70.95	68.62	-	70.62	67.30	65.42	66.77	74.84	73.54	71.01	65.73

1) % RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle 2: (Fortsetzung)

2. Düngungsstufe (zusätzlich 30 kg N/ha zum Zeitpunkt der Blüte)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr. :	19	16	47	30	28	42	11	32	5	44	25	3
Asparaginsäure	6.39	6.63	5.95	6.47	5.82	5.88	6.39	5.88	6.73	5.57	6.02	6.05
Threonin	3.33	3.28	3.37	3.57	3.45	3.14	3.45	3.23	3.64	2.98	3.50	3.40
Serin	3.91	4.25	4.04	4.47	4.33	4.09	4.23	3.69	4.59	4.02	4.57	4.39
Glutaminsäure	21.04	25.01	23.73	25.73	24.41	22.86	24.46	23.09	25.99	21.94	24.07	24.80
Prolin	10.48	11.74	10.98	12.31	11.22	10.20	10.59	10.50	11.57	9.94	11.34	11.38
Glycin	4.20	4.01	3.98	4.18	3.93	3.78	4.16	3.95	4.54	3.90	4.05	3.89
Alanin	4.23	4.08	3.98	4.27	3.90	3.82	4.22	4.03	4.56	3.81	4.14	3.98
Cystin-Halbe	1.93	1.81	1.86	1.85	1.76	1.46	1.78	1.88	1.67	1.80	1.74	1.78
Valin	5.25	5.69	5.23	5.66	5.43	5.01	5.40	5.34	6.20	5.21	5.09	5.07
Methionin	1.38	1.62	1.26	1.55	1.14	1.41	1.29	1.26	1.45	1.31	1.16	1.31
Isoleucin	4.06	4.18	4.02	4.77	4.21	4.05	4.13	4.27	4.27	4.19	4.06	3.28
Leucin	7.36	7.01	6.98	7.49	6.95	6.90	7.54	7.12	8.06	7.21	7.01	6.66
Tyrosin	2.75	2.86	3.08	2.80	3.09	2.55	2.84	2.76	3.09	2.77	2.81	2.67
Phenylalanin	4.98	5.16	5.06	5.29	5.16	4.73	5.18	4.92	5.35	4.67	4.17	4.15
Ammoniak	2.80	2.95	3.05	3.18	2.91	2.73	2.20	2.94	3.37	2.87	3.00	2.39
Lysin	3.67	3.56	3.84	4.08	3.72	3.74	3.69	4.18	4.10	3.64	3.99	3.38
Histidin	2.28	2.25	2.21	2.47	2.73	2.13	2.20	2.33	2.61	2.15	2.30	2.10
Arginin	5.02	4.93	4.48	5.39	5.06	4.79	5.05	5.05	5.59	4.83	4.88	4.48
% RP in TS 1)	10.37	10.82	11.25	11.27	11.90	11.89	11.18	11.41	11.45	11.39	11.41	10.90
EAA-Index	69.40	70.80	67.65	74.41	70.10	67.13	69.80	69.34	76.45	65.42	67.00	63.21

1) % RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle 2: (Fortsetzung)

2. Düngungsstufe (zusätzlich 30 kg N/ha zum Zeitpunkt der Blüte)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr. :	41	40	37	7	22	46	13	35	27	12	14
Asparaginsäure	5.53	5.47	5.62	6.07	6.37	5.73	6.51	6.08	6.51	6.58	6.06
Threonin	3.37	2.97	3.09	3.46	3.47	3.14	3.56	3.33	3.65	3.46	3.28
Serin	3.97	3.25	3.65	4.33	3.62	3.82	4.66	4.23	4.42	4.41	4.13
Glutaminsäure	24.40	24.09	22.36	24.82	25.93	20.93	26.53	23.41	24.32	25.49	23.86
Prolin	10.86	10.97	10.85	11.52	11.87	10.42	11.59	10.68	11.01	11.36	11.15
Glycin	3.78	3.73	3.70	4.11	4.52	3.73	4.32	4.04	4.11	4.45	3.82
Alanin	3.79	3.66	3.82	4.13	4.29	3.86	4.45	4.04	4.05	4.34	4.18
Cystin-Halbe	1.79	1.64	1.82	1.86	1.97	1.97	1.69	1.78	1.82	1.91	1.51
Valin	5.13	4.96	5.12	5.59	5.81	4.96	5.69	5.38	5.17	5.75	5.26
Methionin	1.30	1.15	1.30	1.93	1.22	1.20	1.52	1.34	1.08	1.25	1.44
Isoleucin	3.98	3.83	3.89	4.19	4.35	4.10	4.36	4.17	4.05	4.33	3.79
Leucin	7.39	7.27	6.90	7.45	7.80	6.29	7.69	7.41	6.92	7.64	6.82
Tyrosin	2.70	2.66	2.46	2.88	2.83	2.64	2.68	2.99	2.73	2.90	2.74
Phenylalanin	4.63	4.94	4.82	5.23	5.62	4.79	5.16	5.08	5.09	5.28	5.43
Ammoniak	2.81	2.93	2.82	3.28	3.50	2.87	3.19	2.98	3.09	3.20	2.91
Lysin	3.86	3.58	3.76	3.92	4.13	3.76	3.92	3.91	3.84	4.88	3.95
Histidin	2.05	2.25	2.28	2.43	2.50	2.01	2.55	2.35	2.27	2.41	2.08
Arginin	4.39	4.35	4.49	5.33	5.47	5.11	5.48	5.03	4.98	5.30	5.54
% RP in TS 1)	12.14	12.83	12.00	11.38	11.45	11.02	11.15	11.19	11.57	11.01	11.94
EAA-Index	66.64	65.76	66.48	74.42	73.74	65.46	74.67	70.05	68.04	74.06	69.79

1) % RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle 2: (Fortsetzung)

2. Düngungsstufe (zusätzlich 30 kg N/ha zum Zeitpunkt der Blüte)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr. :	39	29	34	36	10	17	18	38	33	1	2	24
Asparaginsäure	6.02	6.00	6.19	5.82	6.18	6.42	6.16	6.56	6.21	5.98	6.24	6.02
Threonin	3.35	3.36	3.49	3.36	3.17	3.23	3.26	3.27	3.50	3.35	3.61	3.50
Serin	4.09	4.14	4.26	4.02	3.74	4.50	4.15	4.08	4.46	4.23	4.53	3.94
Glutaminsäure	23.89	24.40	23.89	21.95	24.38	27.10	23.97	24.10	24.83	26.42	23.22	25.13
Prolin	10.93	11.29	11.08	10.34	11.38	12.31	11.22	11.50	11.28	12.20	10.45	11.86
Glycin	3.93	3.94	4.08	3.78	3.76	4.34	4.12	4.27	4.10	4.08	4.00	3.93
Alanin	4.10	3.84	4.07	3.83	3.89	4.16	4.23	4.19	4.23	4.00	4.01	3.95
Cystin-Halbe	1.91	1.72	1.78	1.97	1.61	1.76	1.81	1.92	1.87	1.78	1.90	1.99
Valin	5.45	5.15	5.43	5.10	5.03	5.67	5.76	5.54	5.55	5.45	4.98	5.20
Methionin	1.33	1.21	1.16	1.10	1.45	1.54	1.35	1.48	1.39	1.54	1.74	1.12
Isoleucin	3.96	4.20	4.30	3.85	3.71	4.32	3.99	4.14	4.48	4.13	3.58	4.14
Leucin	7.33	6.81	7.31	7.08	7.12	7.52	7.49	7.53	7.39	7.06	6.59	7.37
Tyrosin	2.92	2.86	2.86	2.49	2.77	3.42	2.83	2.99	3.03	2.81	2.60	3.06
Phenylalanin	4.35	5.01	5.10	4.52	5.33	5.34	5.40	5.19	5.00	5.24	4.61	5.35
Ammoniak	2.77	3.17	2.94	2.59	3.05	3.37	2.95	3.03	3.08	3.20	2.49	3.09
Lysin	4.18	3.73	3.92	3.70	3.87	3.86	3.63	4.16	4.20	3.64	3.58	3.72
Histidin	2.25	2.33	2.29	2.32	2.13	2.28	2.34	2.31	2.44	2.52	2.26	2.19
Arginin	5.09	4.67	4.89	4.67	5.09	5.50	5.20	5.14	5.15	5.22	5.04	4.61
% RP in TS 1)	11.10	12.76	11.58	10.94	12.33	12.36	11.31	11.78	11.94	12.06	12.39	14.16
EAA-Index	69.18	67.46	69.59	65.77	68.39	72.93	70.18	71.91	72.93	71.43	68.76	69.76

1) % RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle 3: Wintergerstensorten und -stämme

1. Düngungsstufe (30 kg N/ha)

Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr.:	6	8	7	10	11	1	3	14	4	25	17	26	9
Asparaginsäure	6.24	6.19	6.78	6.08	7.07	6.57	6.05	6.54	6.68	6.66	6.99	6.81	6.23
Threonin	3.43	3.52	3.39	3.43	4.03	3.45	3.58	3.92	3.80	3.73	3.90	3.68	3.45
Serin	4.25	4.14	4.24	4.21	4.76	3.67	4.36	5.05	4.65	4.40	4.50	4.46	4.40
Glutaminsäure	24.19	22.57	23.58	24.35	25.49	23.46	25.85	24.36	24.41	23.14	24.04	25.54	23.44
Prolin	11.10	10.41	11.15	11.40	11.48	10.82	12.08	12.26	11.18	10.68	11.27	10.25	11.16
Glycin	4.24	4.17	4.28	3.97	4.90	4.23	4.20	4.89	4.36	4.36	4.81	4.49	4.25
Alanin	4.14	3.94	4.24	3.92	4.64	4.21	4.04	4.40	4.72	4.58	4.45	4.43	4.19
Cystin-Halbe	1.71	1.89	1.83	1.60	1.75	1.94	2.04	1.87	2.23	1.68	1.91	1.66	1.92
Valin	5.31	5.16	5.75	5.03	5.05	5.28	5.20	5.80	5.56	5.52	5.63	5.56	5.39
Methionin	1.14	1.17	1.10	1.00	1.26	1.14	1.26	0.98	0.88	0.96	1.06	1.07	-
Isoleucin	3.68	3.70	3.75	3.40	4.11	4.22	3.65	4.01	3.66	4.47	3.61	3.53	3.98
Leucin	6.91	6.68	6.95	6.91	7.26	6.82	6.87	7.07	5.99	7.04	7.33	7.33	7.26
Tyrosin	2.74	2.76	2.96	2.93	3.19	2.91	3.00	3.06	2.61	3.02	3.06	2.96	2.63
Phenylalanin	5.00	4.96	5.17	5.24	5.78	5.10	5.17	5.92	5.39	5.30	5.27	5.40	5.19
Ammoniak	2.83	2.96	2.81	2.62	3.17	3.14	2.98	3.31	3.23	2.66	3.12	3.04	2.84
Lysin	3.91	3.71	3.93	3.40	4.34	4.27	3.84	4.12	3.85	3.69	4.14	3.90	3.76
Histidin	2.44	2.27	2.93	2.18	2.63	2.52	2.47	2.59	2.55	2.33	2.57	2.49	2.27
Arginin	4.61	4.67	4.92	4.65	5.22	5.34	4.79	5.62	5.50	5.16	5.16	5.12	4.77
RP in %	9.40	9.91	10.02	10.22	10.28	10.31	10.38	10.38	10.44	10.47	10.54	10.61	10.63
EAA-Index	67.41	66.48	68.46	64.04	74.60	71.44	68.72	73.35	67.57	68.82	70.69	69.59	67.24

Tabelle 3: (Fortsetzung)

1. Düngungsstufe (30 kg N/ ha)

Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr. :	22	12	23	19	24	13	21	5	2	20	18	15	16
Asparaginsäure	6.46	6.52	6.56	6.12	6.45	6.48	6.52	6.06	6.13	6.36	6.23	5.90	6.76
Threonin	3.87	3.72	3.75	3.46	3.45	3.03	3.69	3.51	3.33	3.56	4.07	3.47	3.74
Serin	4.60	4.48	4.82	4.30	4.41	3.89	4.39	4.57	4.41	4.28	4.59	4.15	4.56
Glutaminsäure	23.90	22.66	25.28	24.38	23.86	22.08	22.72	22.93	23.71	24.20	24.98	24.87	25.09
Prolin	10.59	10.35	11.29	11.97	11.36	9.98	10.52	10.29	11.06	10.88	11.44	11.82	11.87
Glycin	4.43	4.33	4.56	4.28	4.08	3.70	4.40	3.96	4.08	4.38	4.26	4.10	4.16
Alanin	4.46	4.26	4.54	4.18	4.41	3.56	4.29	3.86	4.48	4.21	4.31	3.92	4.35
Cystin-Hälbe	1.80	1.70	1.84	1.83	1.86	1.56	1.78	1.87	2.05	1.64	1.57	1.93	1.68
Valin	5.58	5.23	5.69	5.41	5.52	5.52	5.47	5.73	5.41	5.48	5.18	5.43	5.42
Methionin	1.04	1.32	0.95	0.83	1.21	0.86	0.91	1.44	0.93	0.89	0.99	1.19	1.04
Isoleucin	4.55	3.92	4.59	3.99	3.89	4.02	3.32	4.20	3.90	4.64	4.24	4.06	3.96
Leucin	7.29	7.21	7.56	7.19	6.90	6.60	7.14	6.74	7.53	7.29	7.14	6.89	7.62
Tyrosin	3.02	2.82	3.03	3.13	3.04	2.74	3.19	2.86	3.10	3.00	3.15	2.88	3.04
Phenylalanin	5.59	5.15	5.45	5.39	5.22	5.44	5.03	5.35	5.01	5.24	5.28	5.71	5.54
Ammoniak	3.12	2.84	3.29	2.87	2.99	2.29	2.97	2.36	2.75	3.17	3.12	2.82	3.15
Lysin	4.08	3.95	4.29	3.58	3.71	3.78	3.79	3.99	3.44	3.66	4.17	3.86	3.93
Histidin	2.39	2.39	2.54	2.55	2.39	1.57	2.46	2.76	2.45	2.53	2.67	2.33	2.46
Arginin	5.16	4.43	5.38	5.22	4.96	4.99	5.28	5.09	5.21	5.35	5.14	4.94	5.21
RP in TS	10.87	10.89	11.02	11.03	11.06	11.20	11.22	11.27	11.44	11.58	11.68	12.24	12 90
EAA-Index	71.99	69.68	72.51	67.31	68.93	66.35	66.86	73.28	66.88	69.33	71.28	68.58	70.79

Tabelle 4: Wintergerstensorten und -stämme

2. Düngungsstufe (zusätzlich 30 kg und 20 kg N/ha zum Zeitpunkt des Ährenschiebens bzw. der Blüte)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser)

Anbau-Nr.:	6	8	7	10	11	1	3	14	4	25	17	26	9
Asparaginsäure	6.54	5.48	6.11	5.33	6.37	5.64	5.97	5.61	5.97	6.28	5.99	6.05	5.08
Threonin	3.89	3.18	3.21	3.11	3.66	3.17	3.51	3.40	3.15	3.69	3.65	3.13	2.90
Serin	4.75	3.87	3.85	4.04	4.56	3.86	4.57	4.35	3.86	4.36	4.48	3.80	3.78
Glutaminsäure	28.56	24.87	25.46	23.81	23.93	24.38	27.39	26.85	23.37	23.89	24.20	24.04	24.48
Prolin	13.64	9.83	12.17	11.21	10.71	10.91	12.91	11.67	11.41	11.18	11.61	11.01	11.39
Glycin	4.68	3.71	4.07	3.63	4.51	3.93	4.13	4.12	3.86	4.18	4.25	4.25	3.51
Alanin	4.55	3.52	3.97	3.60	4.22	3.71	4.95	3.77	3.93	4.26	4.06	4.17	3.41
Cystin-Halbe	1.88	1.85	1.81	1.80	1.73	1.83	2.26	1.90	1.95	1.70	1.69	1.67	1.86
Valin	5.14	4.66	5.41	4.83	5.58	5.60	5.88	5.23	4.96	5.62	5.20	4.98	4.95
Methionin	1.08	1.57	1.08	0.91	1.84	1.32	1.23	1.25	0.94	1.02	-	0.96	1.12
Isoleucin	3.32	3.09	3.94	4.03	4.25	3.92	3.96	3.83	3.99	3.57	3.64	3.41	3.56
Leucin	6.88	6.31	7.36	6.11	7.08	7.26	6.81	6.91	7.08	6.93	7.44	6.20	6.33
Tyrosin	3.47	2.77	3.02	2.85	3.18	2.81	3.07	3.04	2.75	3.02	3.08	2.75	2.83
Phenylalanin	5.27	4.59	5.49	4.94	5.32	5.05	5.44	5.19	5.35	5.43	5.37	5.10	4.87
Ammoniak	3.49	2.50	2.75	2.67	2.91	3.00	2.98	2.94	2.91	2.93	2.91	2.96	2.63
Lysin	3.88	3.41	3.78	3.39	3.98	3.57	3.51	3.47	3.62	3.95	3.52	4.13	3.31
Histidin	2.60	2.30	2.41	2.23	2.37	2.62	2.46	2.19	2.28	2.42	2.41	2.30	2.16
Arginin	4.84	4.38	4.97	4.93	5.32	4.81	4.65	4.32	4.64	5.05	4.88	4.67	4.10
% RP in TS 1)	12.08	11.94	12.38	12.99	11.38	11.81	11.39	12.43	12.71	12.45	12.71	11.41	13.52
EAA-Index	66.28	63.88	68.56	62.87	74.96	69.43	69.33	66.32	65.11	68.52	-	63.88	61.62

1) % RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Tabelle 4: (Fortsetzung)

2. Düngungsstufe (zusätzlich 30 kg und 20 kg N/ha zum Zeitpunkt des Ährenschiebens bzw. der Blüte)
Einzelwerte der Aminosäurengehalte (g Aminosäuren in 100 g Rohprotein), sowie die Rohproteingehalte und die EAA-Indices (nach Oser 1951)

Anbau-Nr.:	22	12	23	19	24	13	21	5	2	20	18	15	16
Asparaginsäure	6.34	5.62	5.70	5.69	5.93	5.28	5.75	5.96	5.65	6.51	6.60	5.88	7.03
Threonin	4.07	3.17	3.54	3.23	3.67	3.11	3.37	3.11	3.31	3.68	3.67	3.40	3.93
Serin	4.61	4.13	4.93	3.98	4.52	4.11	4.08	4.66	4.19	4.53	4.80	4.47	4.89
Glutaminsäure	25.88	23.76	25.27	23.58	24.81	24.33	24.32	25.66	24.97	26.73	28.61	26.22	29.66
Prolin	14.56	10.63	11.55	11.35	11.20	11.14	11.64	11.12	11.42	12.29	13.32	12.51	13.98
Glycin	4.69	3.95	4.05	3.96	3.90	3.73	4.07	4.23	3.92	4.52	4.53	4.13	4.51
Alanin	4.70	3.75	3.99	3.90	4.25	3.58	3.89	4.07	3.80	4.34	4.44	3.91	4.68
Cystin-Halbe	1.64	1.69	1.78	1.78	1.81	1.65	1.80	1.74	1.89	1.65	1.77	1.89	1.67
Valin	5.76	4.90	5.34	5.19	5.44	4.66	5.07	5.33	5.25	5.59	5.47	5.36	5.25
Methionin	1.03	1.10	0.88	0.80	1.17	0.90	0.93	1.32	1.12	0.93	0.92	1.18	1.07
Isoleucin	4.11	3.59	3.71	3.64	3.93	4.04	3.75	3.52	3.57	3.71	4.14	4.03	4.14
Leucin	6.92	6.59	7.51	6.93	6.70	6.08	6.69	6.96	6.27	7.43	7.34	7.00	7.36
Tyrosin	3.54	2.78	3.07	3.03	2.82	2.66	2.93	3.10	2.69	3.19	3.33	3.27	3.61
Phenylalanin	5.79	4.95	5.38	5.25	5.26	5.63	5.12	5.12	4.97	5.22	5.61	5.37	5.42
Ammoniak	3.78	2.74	3.22	2.95	2.80	2.59	2.99	3.15	3.00	3.44	2.82	3.20	3.58
Lysin	4.07	3.42	3.58	3.62	3.39	3.53	3.63	3.75	3.27	3.99	3.93	3.50	4.09
Histidin	2.80	2.45	2.37	2.29	2.24	2.67	1.98	2.05	2.56	2.71	2.67	2.53	2.53
Arginin	4.85	4.38	4.69	5.18	4.36	4.59	4.84	4.87	4.31	5.14	5.12	4.98	4.83
% RP in TS 1)	12.91	11.81	13.31	12.16	13.36	12.15	13.59	12.48	13.71	13.09	12.59	13.97	14.08
EAA-Index	72.36	63.41	66.24	64.33	66.81	65.90	63.83	66.47	64.51	71.02	70.30	69.02	70.79

1) % RP in TS = Rohproteingehalt in % der Trockensubstanz

Nach Beendigung meiner Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. Kraft Drepper, ehemaliger Direktor des Instituts für Veterinär-Biochemie der Freien Universität Berlin, für die Überlassung des Themas und den damit verbundenen Mühen recht herzlich danken.

Herrn Prof. Dr. Claus-Peter Kedenburg gilt mein besonderer Dank für die stete Bereitschaft zur fachlichen Beratung. Fräulein Doris Schwarz danke ich für die Einführung und Unterweisung in praktischen Fragen.

Die Arbeit wurde mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

Lebenslauf

Am 29. 3. 1942 wurde ich, Klaus Jochen Nebendahl, als zweites Kind des Arztes Dr. med. Gustav Nebendahl und seiner Ehefrau Ilse, geb. Vogt, in Kiel geboren.

Nach vierjährigem Grundschulbesuch besuchte ich anfangs die Domschule in Schleswig und später das Gymnasium Satrup, wo ich 1962 die Reifeprüfung ablegte.

Vom Sommersemester 1962 bis zum Wintersemester 1966/67 studierte ich an der Christian-Albrecht-Universität in Kiel Psychologie und Humanmedizin. An der Freien Universität Berlin begann ich im Sommersemester 1967 mit dem Studium der Veterinärmedizin, das ich im April 1972 mit dem tierärztlichen Staatsexamen abschloß. Die Approbation als Tierarzt erhielt ich am 9. Mai 1972.

Ab Juni 1972 bis Oktober 1973 hatte ich einen Privatdienstvertrag als wissenschaftlicher Mitarbeiter (Prof. Drepper - halbtags) und war ab Oktober 1972 als Aushilfstierarzt am Schlachthof Spandau beschäftigt.

Seit November 1973 bin ich in der Wissenschaftlichen Einrichtung 11, Fachrichtung Versuchstierkunde und Versuchstierkrankheiten, als Wissenschaftlicher Assistent tätig.

Seit 1965 bin ich verheiratet und habe zwei Kinder.